



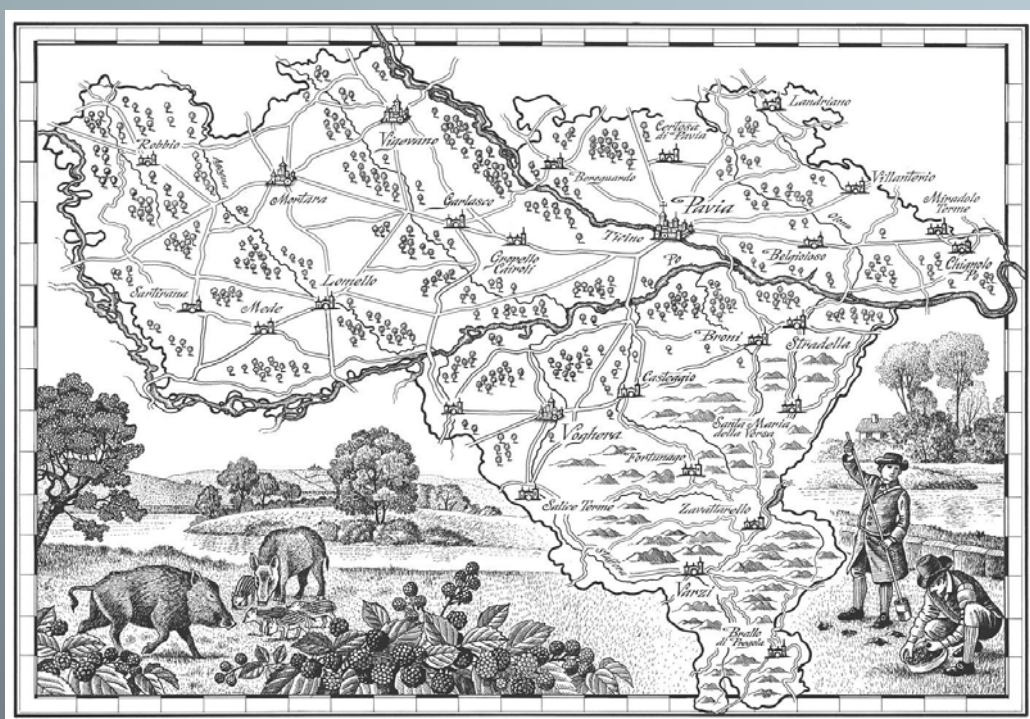
**EUROPEAN COMMISSION**  
DIRECTORATE-GENERAL  
**Joint Research Centre**



# ***IL SUOLO DELLA PROVINCIA DI PAVIA***

***(PARTE DUE)***

**Editori**  
**R.M. Cenci and F. Sena**



**Institute for Environment and Sustainability**

**2007**

**EUR 22132 IT/2**



The mission of the Institute for Environment and Sustainability is to provide scientific and technical support to the European Union's policies for protecting the environment and to contribute to the EU Strategy for Sustainable Development.

European Commission  
Directorate-General Joint Research Centre  
Institute for Environment and Sustainability  
I – 21020 Ispra (VA)

Contact information  
Address: F. Sena – TP 300  
Rural, Water and Ecosystem Resources Unit  
E-mail: [fabrizio.sena@jrc.it](mailto:fabrizio.sena@jrc.it)  
Tel.: +39 0332 785399  
Fax: +39 0332 789352

Address: R.M. Cenci – TP 280  
Land Management and Natural Hazards Unit  
E-mail: [roberto.cenci@jrc.it](mailto:roberto.cenci@jrc.it)  
Tel.: +39 0332 789771  
Fax: +39 0332 786394

<http://ies.jrc.cec.eu.int>  
<http://www.jrc.cec.eu.int>

Legal Notice  
Neither the European Commission nor any person acting on behalf of the Commission is responsible for the use which might be made of this publication.

A great deal of additional information on the European Union is available on the Internet. It can be accessed through the Europa server  
<http://europa.eu.int>

EUR 22132 IT/2  
Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities

ISBN 92-79-03877-X

ISSN 1018-5593

© European Communities, 2007

Reproduction is authorised provided the source is acknowledged

Printed in Italy



© European Communities, 2007

Reproduction is authorised provided the source is acknowledged

Printed in Italy

Autori:

**R.M. Cenci, F. Sena, N. Filippi, G. Lodigiani\*, G.M. Beone\*\*, E. Christoph, G. Mariani, S. Spalla\*\*, G. Locoro, H. Skejo**

Commissione Europea Centro Comune di Ricerca di Ispra  
Istituto dell'Ambiente e della Sostenibilità  
Unità Gestione del Territorio e Rischi Naturali,  
Unità Risorse Rurali, Acquatiche ed Ecosistemi  
21020 Ispra (VA)

\*Provincia di Pavia  
Settore Tutela e Valorizzazione Ambientale  
Viale Taramelli, 1  
20700 Pavia

\*\*Istituto di Chimica Agraria ed Ambientale  
Università Cattolica del Sacro Cuore  
Via Emilia Parmense, 84  
29100 Piacenza

Foto di copertina: Edizioni Torchio de' Ricci, Certosa di Pavia



**EUROPEAN COMMISSION**  
DIRECTORATE-GENERAL  
**Joint Research Centre**



# **IL SUOLO DELLA PROVINCIA DI PAVIA**

**Valutazione della concentrazione di composti organici ed inorganici  
persistenti attraverso lo sviluppo di una rete di monitoraggio del suolo**

**(PARTE DUE)**

**Editori: Roberto M. Cenci and Fabrizio Sena**

**Institute for Environment and Sustainability**

**2007**





## **PROVINCIA DI PAVIA**

È con grande soddisfazione personale che presentiamo il lavoro sulla situazione dei suoli in provincia di Pavia. Vediamo infatti coronato il progetto ed il lavoro che ha visto impegnato l'Assessorato alla Tutela Ambientale della Provincia di Pavia da alcuni anni.

Il motivo che ha spinto me e l'ingegnere Gustavo Lodigiani, dirigente del Servizio Rifiuti, a proporre al professore Roberto Cenci della Commissione Europea Centro Comune di Ricerca Istituto dell'Ambiente e della Sostenibilità di Ispra di monitorare l'intero territorio della provincia di Pavia era soprattutto la necessità di avere il “bianco”, momento indispensabile per qualsiasi altra ricerca da programmare nel tempo.

Grazie al professore Roberto Cenci, che ha creduto fortemente nella validità del progetto, e al Centro Comune di Ricerca di Ispra, abbiamo superato le difficoltà che nascevano dalla novità del progetto ed ora possiamo vedere i risultati del “Progetto Pavia” che, oltre alla indubbia validità scientifica, sono in grado di fornire a tutti un quadro di conoscenza delle problematiche sullo stato di salute del terreno.

In questo modo la Provincia di Pavia ha l'onore di essere la prima provincia d'Italia ad avere realizzato il monitoraggio dell'intero suo territorio, ma ha anche l'obbligo di programmare un proseguo dei lavori finalizzato ad un controllo puntuale dell'ambiente.

**PROF. DELIO TODESCHINI**

Assessore alla Tutela Ambientale  
e Politiche Energetiche





Il Contratto Pavia (numero 21827 del 2004) ha visto la sua attuazione e chiusura nella consegna del Rapporto Finale avvenuta nel mese di dicembre 2005 e nella pubblicazione dei dati ottenuti in un Rapporto validato dalla Commissione Europea (EUR Report numero 22132 IT) pubblicato nel mese di Marzo 2006.

Il Rapporto Finale e l'EUR Report mancavano di alcune informazioni che riguardavano dati relativi alle carote di sedimento (metalli pesanti, macroelementi e diossine) ed alcuni elementi e macroelementi per quanto riguardava i suoli e i muschi raccolti su tutto il territorio della Provincia di Pavia.

La mancanza nel Rapporto Finale dei dati sopra citati, era stata concordata con l'Assessore prof. D. Todeschini e il responsabile della Provincia di Pavia ing. G. Lodigiani.

Il presente Rapporto completa quanto concordato nel Contratto Progetto Pavia.

Gli argomenti trattati sono:

Sedimenti

Suoli

Muschi

## INDICE

<i>Riassunto</i>	15
<b><i>SEDIMENTI</i></b>	17
<i>Descrizione dell'area</i>	17
<i>Campionamento</i>	17
<i>Descrizione area S1</i>	19
<i>Descrizione area S2</i>	22
<i>Discussione dei risultati</i>	25
<i>Diossine e furani</i>	35
<i>Considerazioni</i>	35
<b><i>SUOLI</i></b>	37
<i>SAMA</i>	37
<i>Punti Principali</i>	37
<i>Punti Secondari</i>	38

<i>Punti Terziari</i>	38
<b>MUSCHI</b>	43
<i>Campionamento</i>	43
<i>Preparazione, trattamento dei campioni di muschio per l'analisi dei metalli pesanti</i>	43
<i>Concentrazioni metalli pesanti</i>	43
<i>Distribuzione spaziale delle concentrazioni</i>	52
<i>Platino e rodio</i>	53
<i>Rateo di deposizione</i>	53
<i>Fattore di arricchimento</i>	55
<b>CONCLUSIONI</b>	71
<i>Bibliografia</i>	72
<i>Appendice</i>	77



## RIASSUNTO

Il presente rapporto integra i dati pubblicati nell'EUR Rapporto numero 22132 del 2006.

Vengono di seguito presentati i risultati analitici relativi ai sedimenti, suoli superficiali e bioindicatori (muschi).

Per quanto riguarda i sedimenti, non si osservano particolari arricchimenti nella concentrazione negli strati più superficiali.

Le concentrazioni ottenute riflettono i valori dei suoli presenti nel bacino imbrifero del fiume Ticino e degli altri fiumi, poiché in gran parte da loro hanno origine.

Per quanto riguarda il contenuto di diossine e furani, i valori ottenuti sono modesti e costanti nel tempo; fa eccezione un solo valore riscontrato negli strati profondi per la carota di San Massimo Gropello.

I risultati analitici, relativi ai suoli, sono stati integrati con i valori di concentrazione di Co, Mn e alcuni macroelementi. Le concentrazioni ottenute non si discostano da quanto evidenziato per i valori degli altri elementi pubblicati nel precedente studio.

Anche per i muschi sono stati analizzati Co e Mn, la distribuzione spaziale della concentrazione è risultata analoga agli altri elementi già pubblicati nell'EUR Report.

Per le aree a valenza industriale, i valori degli elementi in tracce hanno permesso una visualizzazione grafica che ha confermato una distribuzione spaziale della concentrazione alquanto omogenea.

Le ricadute al suolo di metalli pesanti, sia di origine antropica sia crostale, non rivestono grande importanza nell'innalzare i valori di concentrazione nei suoli.

Tali ricadute, se raffrontate con risultati ottenuti in altre aree studiate in precedenza, appaiono sovrapponibili a quelle di aree agricole e sono significativamente più ridotte rispetto ad aree urbanizzate o in presenza di attività industriali e agricole.

Due osservazioni di primaria importanza appaiono doverose e devono essere evidenziate.

La prima riguarda l'importanza del monitoraggio, com'è stato impostato e dei risultati ottenuti; tali aspetti hanno posto delle solide fondamenta per ulteriori sviluppi e indagini che si vorranno effettuare in futuro.

La seconda osservazione riguarda la qualità e la salute del suolo, esse appaiono complessivamente buone ad indicare che nei tempi presenti e passati il territorio è stato ed è in gran parte rispettato e ben gestito.



## SEDIMENTI

In data 12 maggio 2005 è stata effettuata la campagna per la raccolta di carote di sedimento in due lanche pavesi.

Essa è stata effettuata in collaborazione con il corpo dei Vigili del Fuoco di Milano e i responsabili della provincia di Pavia.

### Descrizione dell'area

Le due aree (Zelata e San Massimo), scelte dai responsabili della provincia di Pavia, ricadono entrambe nel Parco Lombardo della Valle del Ticino. Le due aree non presentano alcuna pressione antropica diretta e sono quindi adatte per descrivere gli andamenti semi-quantitativi di elementi in tracce e composti organici veicolati dai venti e dal dilavamento dei rispettivi bacini imbriferi.

Il sito Zelata (Scheda 1) si trova nel comune di Bereguardo, la lanca presenta un'area di 8 ha circa, essa si è formata intorno al 1880-90 in seguito alla divagazione del fiume Ticino.

Presenta nel suo contorno un querceto misto con prevalenza di Farnia (*Quercus robur*), Carpino bianco (*Carpinus betulus*), Acero campestre (*Acer campestre*) e Olmo minore (*Ulmus minor*), inoltre vi è la presenza di un bosco igrofilo caratterizzato soprattutto da Ontano nero (*Alnus glutinosa*), salici (*Salix alba*, *S. Caprea*, *S. eleagnos*) e pioppi (*Populus alba*, *P. nigra*) (Sartori, 1990).

Per quanto riguarda la fauna, la zona ospita da oltre 30 anni una colonia nidificante di aironi, costituita in prevalenza dall'Airone cenerino *Ardea cinerea* e, in secondo ordine, da Nitticora *Nycticorax nycticorax*, Garzetta *Egretta garzetta* e Airone rosso

*Ardea purpurea*. In aggiunta, è un sito di nidificazione del Nibbio bruno (*Milvus migrans*), falconiforme classificato come vulnerabile dall'IUCN, e di svernamento di Anatidi, con contingenti di 700-2500 Anatidi, rappresentati quasi esclusivamente dal Germano reale (*Anas platyrhynchos*). (Furlanetto, 1999).

La Zelata è identificata come Sito di Interesse Comunitario (S.I.C.) e Zona di Protezione Speciale (Z.P.S.).

Il sito San Massimo (Scheda 2) è localizzato nel comune di Gropello Cairoli, il cui bacino idrico ha una superficie di 1 ha circa ricadente all'interno di un comprensorio forestale di 200 ha.

La vegetazione arborea è rappresentata in prevalenza da Ontano nero (*Alnus glutinosa*).

Il bacino idrico si è formato intorno al 1950 a seguito di interventi estrattivi della torba su un territorio coltivato per anni a prati marcitoli, risaie e pioppi. Attualmente è sede di una stazione ornitologica per la cattura e l'inanellamento di uccelli acquatici.

La tenuta San Massimo (490 ha) è una realtà d'inestimabile valore dal punto di vista faunistico-ambientale sia per ricchezza di specie sia di habitat. Le formazioni forestali di Ontano nero hanno un'estensione che non trova riscontro in ambito nazionale e la fauna annovera specie di particolare interesse a livello della Comunità Europea. Per gli invertebrati si segnala la presenza dei Coleotteri *Cerambyx cedio* e *Lucanus cervus*, per i vertebrati la Rana di Latasse (*Rana latastei*), anfibio endemico della pianura Padana, gli Aironi (Nitticora *Nycticorax nycticorax*, Garzetta *Egretta garzetta*, Airone cenerino *Ardea cinerea*, Airone rosso *Ardea purpurea*, Sgarza ciuffetto *Ardeola ralloides*), presenti da oltre 30 anni con una colonia nidificante (600 nidi nel 2000), e alcune specie di Chiroteri (es. Rinolofo maggiore *Rhinolophus ferrumequinum* e il Rinolofo minore *Rhinolophus hipposideros*; in aggiunta, la zona è interessata dalla presenza di un popolamento ornitico vario, rappresentato soprattutto da specie legate agli ambienti acquatici, in particolare Anatidi (Alieri *et al.*, 1986). Per le sue valenze faunistico-ecologiche l'area è identificata come Sito di Interesse Comunitario (S.I.C.) e Zona di Protezione Speciale (Z.P.S.).

### Campionamento

La raccolta delle carote di sedimento è stata effettuata manualmente utilizzando tubi in plexiglas che venivano spinti nel sedimento, tale procedura permette di ottenere sedimenti indisturbati. In ciascuna area, alla distanza di pochi centimetri l'una dall'altra, sono state prelevate due carote. La lunghezza delle carote è stata di 43,2 cm per la lanca La Zelata e 37,4 cm per la lanca San Massimo.

Successivamente le carote sono state sezionate perpendicolarmente alla loro lunghezza in sottocampioni aventi spessore di 1,2 cm per la carota prelevata nella lanca La Zelata e 1,1 cm per la carota di sedimento, prelevata nella lanca San Massimo

Il numero complessivo di sottocampioni è stato rispettivamente di 36 (La Zelata) e 34 (San Massimo).



La preparazione dei campioni e le successive analisi sono state eseguite come descritto nell'EUR Report 22132 (*Cenci et al., 2006*).

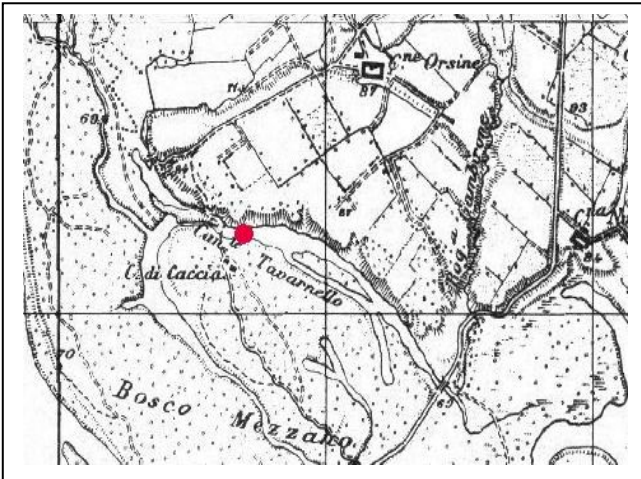
I due siti considerati, località La Zelata e San Massimo Gropello, definite lanche, in realtà solo la prima deve considerarsi tale in quanto la sua comunicazione è strettamente legata al fiume. Ne consegue che durante la piena parte del sedimento “vecchio” viene asportata e ingenti quantità di sedimento “nuovo” sono portate nella lanca. Si può quindi dire che la lanca è un ecosistema in continua trasformazione con apporti ed esporti di sedimenti.

La risedimentazione che avviene nella lanca produce un mescolamento dei sedimenti recenti con quelli più “vecchi”, una parte di questi è autoctona, mentre una parte ha origine fluviale, quindi influenzata dalla

tipologia del bacino imbrifero e dalla sua tipologia, e varia con il variare del regime del fiume nelle diverse stagioni. La lanca quindi è controllata sia dal fiume sia dal bacino imbrifero.

Durante la morbida la lanca subisce un'influenza limitata dal fiume dal quale tende a differenziarsi. Durante la magra alcune lanche possono seccare completamente e ospitare piante pioniere terrestri per trasformarsi nuovamente in ambienti acquatici durante l'aumento del livello del fiume. Tutto questo dipende dall'ubicazione della lanca rispetto al fiume e dalla comunicazione che ha con il fiume. Quanto detto viene ben evidenziato dall'andamento nel tempo della distribuzione della concentrazione alcuni elementi analizzati nella carota raccolta nella lanca La Zelata.

## S1: Descrizione area campionata



Mappa 1



Foto Nr.1



Foto Nr.2



Foto Nr.3

Località: Bereguardo – Lanca Arena

Area geografica: Provincia di Pavia – Valle del Ticino

Data campionamento: 12 Maggio 2005

Coordinate

Position format: UTM/UPS  
32T

Lat.  
Long.

Map Datum: WGS 84  
0500543  
5010041

Quota e inclinazione: 85 m; 0%

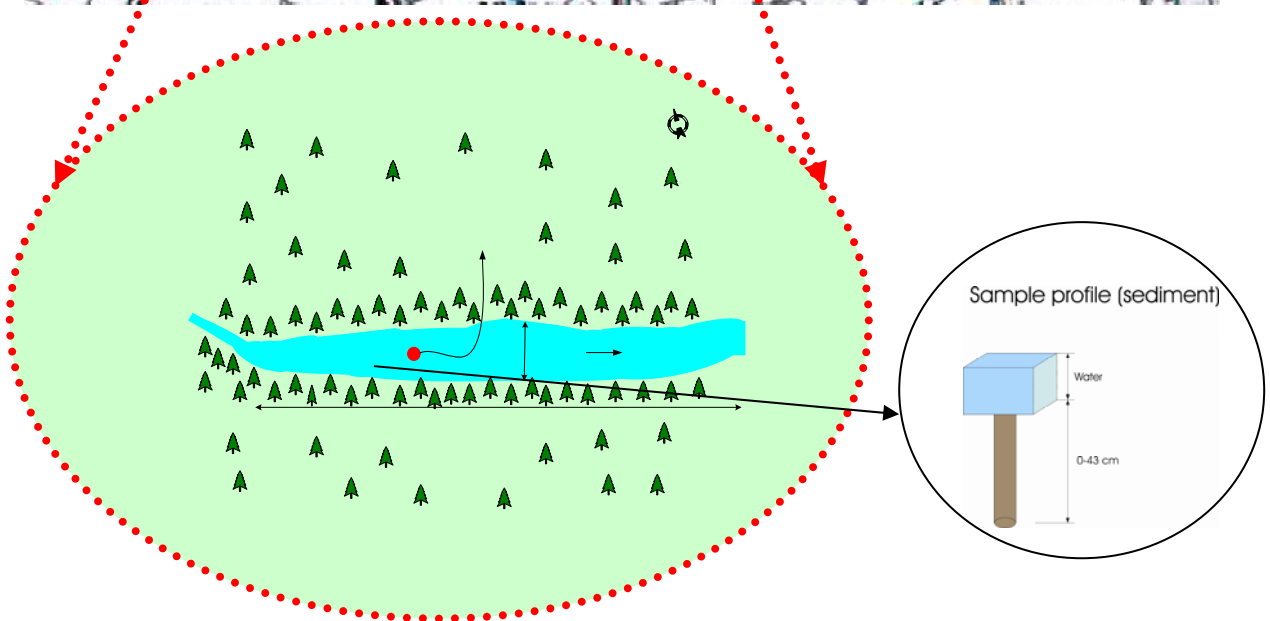
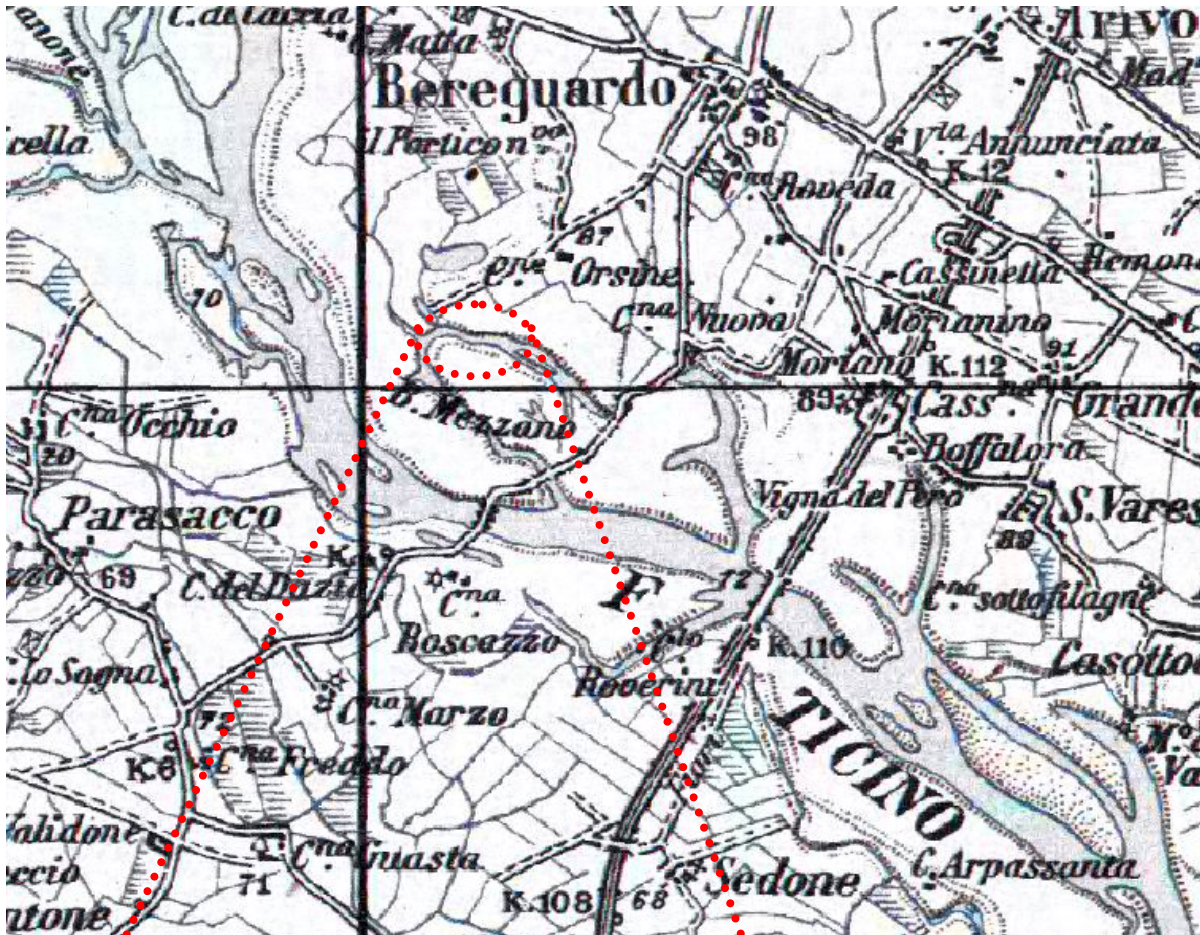
Descrizione area: Azienda agricola Cascina Orsine; circa ad 1.5 km dalla cascina, Lanca arena (orientata a 105°), alimentata dal Ticino; larghezza 25÷30 m, lunghezza corpo lanca principale ~ 300 m, profondità 3m. Rive boscose, vegetazione fitta, terreno pianeggiante.

Uso del suolo: bosco selvaggio



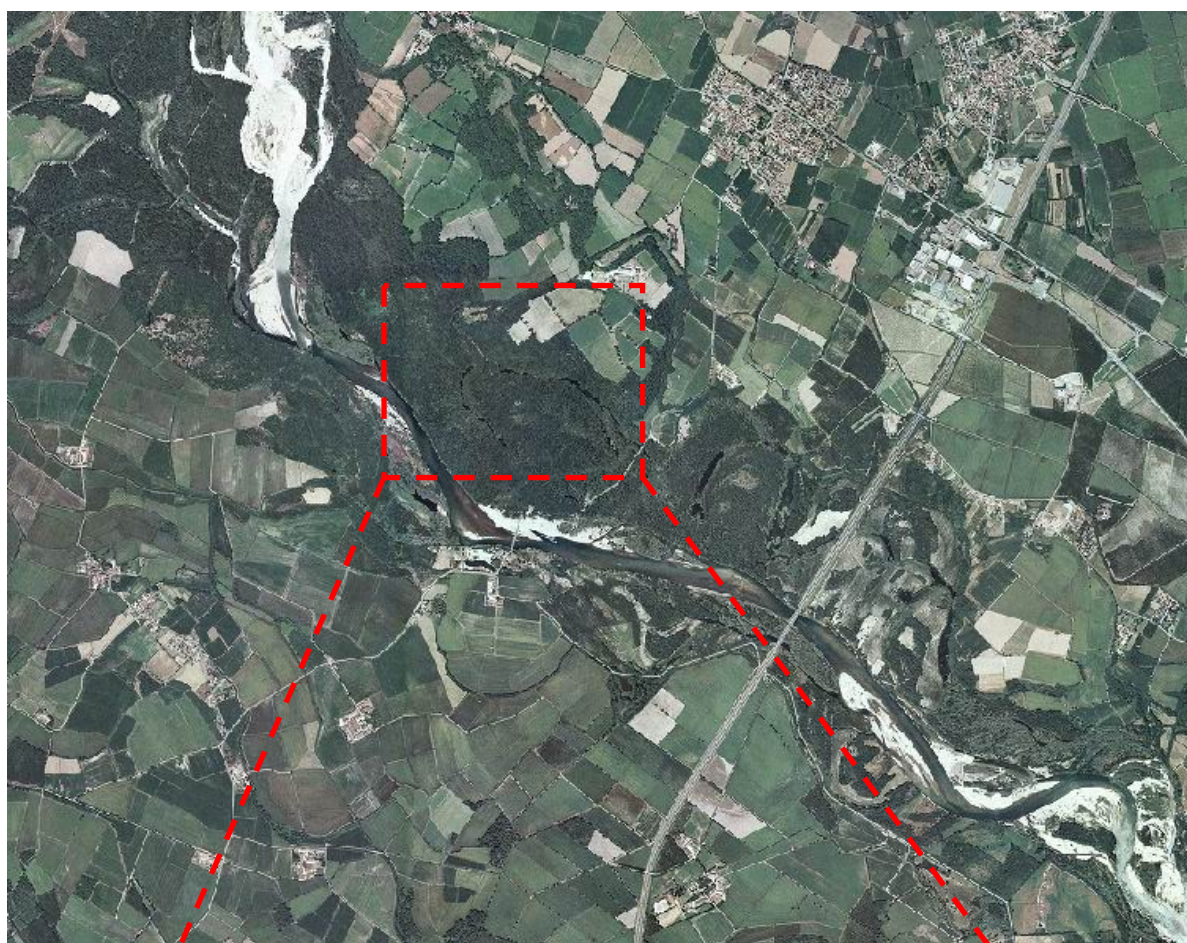
## Sedimenti

- 1M 0÷43 cm, sedimento indisturbato prelevato al centro del corso d'acqua, e successivamente diviso in 36 sezioni da 12 mm ciascuna.
- 1D 0÷43 cm, sedimento indisturbato prelevato al centro del corso d'acqua, e successivamente diviso in 18 sezioni da 24 mm ciascuna.



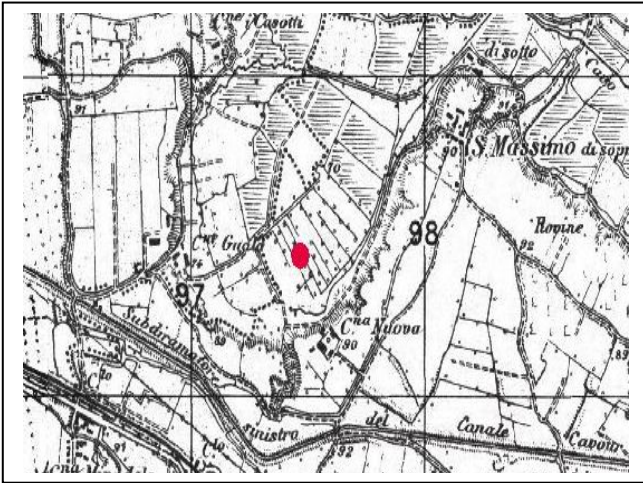


## Localizzazione area S1





## S2: Descrizione area campionata



Mappa 1



Foto Nr.1



Foto Nr.2



Foto Nr.3

Località: Cascina S. Massimo – Groppello

Area geografica: Provincia di Pavia – Lomellina

Data campionamento: 12 Maggio 2005

<u>Coordinate</u>	Position format: UTM/UPS	Map Datum: WGS 84
	32T	Lat. 0497390
	Long. 5004197	

Quota e inclinazione: 72 m; 0%

Descrizione area: Azienda agricola Cascina S. Massimo; circa ad 1 km dalla cascina, all'interno della riserva naturale; il laghetto è completamente ricoperto di sedimenti (~ 30 cm di acqua). Zona circondata da alberi e vegetazione fitta; larghezza del lago 50 m, lunghezza ~ 150 m, profondità 25÷40 cm.

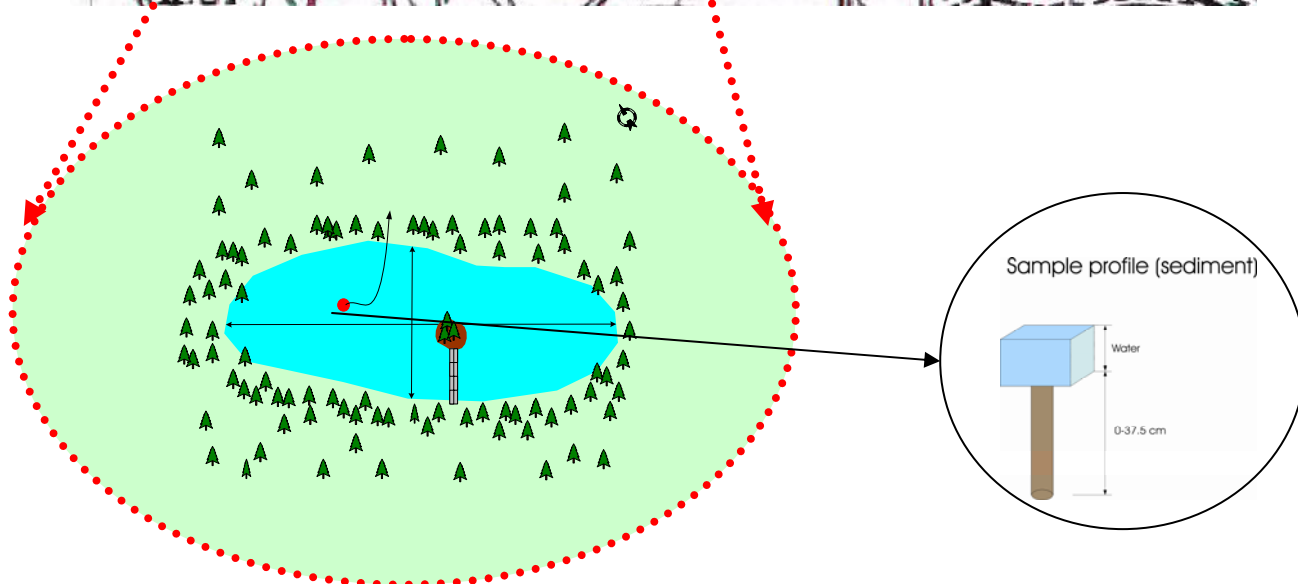
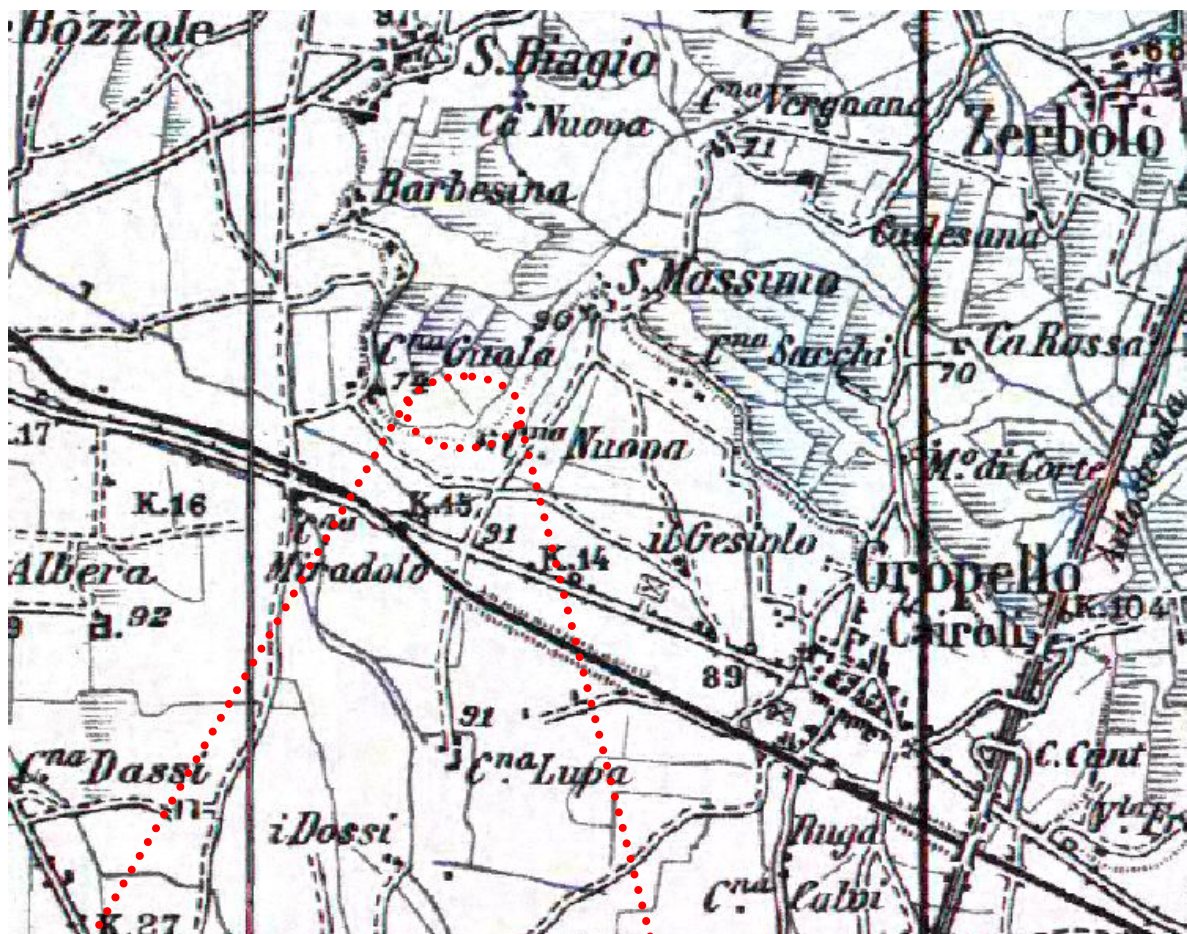


Uso del suolo: bosco selvaggio

## Sedimenti

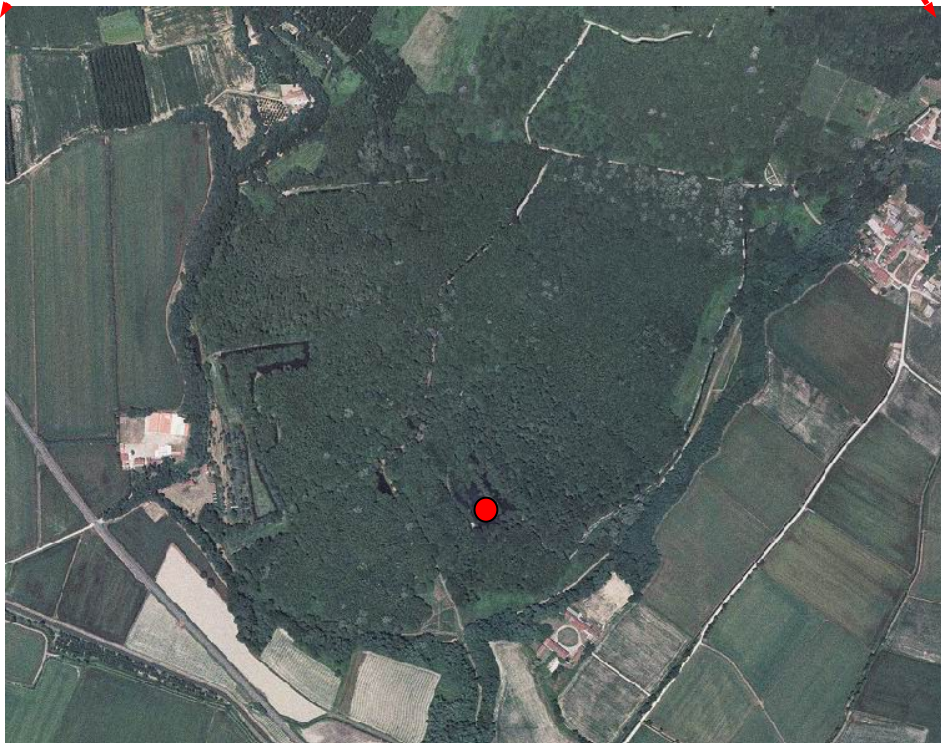
2M 0÷37.5 cm, sedimento indisturbato prelevato al centro del laghetto, e successivamente diviso in 34 sezioni da 11 mm ciascuna.

2D 0÷37.5 cm, sedimento indisturbato prelevato al centro del laghetto, e successivamente diviso in 17 sezioni da 22 mm ciascuna.





## Localizzazione area S2



## Discussione dei risultati

Per la lanca La Zelata, le figure da 1 a 19 illustrano la distribuzione nel tempo della concentrazione degli elementi indagati (C, H, N, S, P, Al, Si, Ca, K, Fe, Mg, Na, Cu, Cr, Hg, Mn, Ni, Pb, Ti e Zn), mentre i rispettivi valori di concentrazione sono riportati nelle tabelle 1 e 2. Gli andamenti della concentrazione, per i nutrienti (C, S, P e N), sono particolarmente altalenanti nel tempo a seguito degli asporti e apporti stagionali (sedimentazione) che sono controllati dalle piene del fiume. I macroelementi quali Si e Al in particolare, ma anche Ca e K, presentano una distribuzione temporale più monotona e meno influenzabile dagli apporti/asporti che avvengono durante l'anno. Anche gli elementi Fe, Na e Mg, anche se in minor entità rispetto ai sopra citati elementi, hanno un andamento alquanto simile. Tale andamento è prevalentemente imputabile all'origine terrigena degli elementi, quindi difficilmente può essere modificata o variare. A tale proposito occorre ricordare che tali elementi sono i componenti principali che costituiscono il suolo, la loro concentrazione come ossidi supera l'80% della concentrazione totale, quindi andamento temporale risultato pressoché costante riflette l'origine terrigena dei sedimenti. I restanti metalli pesanti, la cui concentrazione è notevolmente inferiore ai macroelementi e quindi risulta più facilmente influenzabili dagli eventi naturali e/o antropici, evidenziano e sono maggiormente legati con i periodi di piena e di stanca del fiume. Dai valori di concentrazione nel tempo, non si osserva alcuna tendenza alla diminuzione o all'aumento della loro quantità, ma solo "moderate" oscillazioni di concentrazione nel tempo.

Per quanto riguarda i valori di concentrazione, come era logico attendersi, essi riflettono i valori dei suoli presenti nel bacino imbrifero del fiume Ticino ed altri fiumi presenti nell'area, poiché in gran parte da essi hanno origine.

Per quanto concerne la località San Massimo Gropello, essa non ha le caratteristiche tipiche di una lanca ma di un lago, anche se l'estensione dell'area è alquanto ridotta. Le figure da 20 a 35 mostrano l'andamento nel tempo della concentrazione degli elementi indagati, mentre le tabelle 3 e 4 riportano i valori di concentrazione. Il C e lo S, evidenziano una riduzione di concentrazione negli strati più profondi rispetto a quelli più superficiali. Per i macroelementi si osserva una costanza nella concentrazione negli strati più profondi sino a circa 25 cm dal sedimento superficiale. Da quello spessore, 25 cm, la concentrazione inizia ad aumentare per divenire costante sino allo spessore di circa 10 cm dallo strato più superficiale. Tale andamento è ben evidenziato dai metalli pesanti quali. Hg, Mn, Pb, Ti e Zn. Osservando l'andamento della

concentrazione nel tempo, dei metalli pesanti, esso è riconducibile a quanto ottenuto in laghi italiani (Cenci *et al.*, 2003). Nello strato più profondo l'andamento è risultato costante con valori di fondo che possono essere intesi come valori preindustriali.

In corrispondenza con la fine degli anni '40 primi '50, ha inizio un'importante industrializzazione sia in Italia sia nel resto dell'Europa. Tale fenomeno è qui evidenziato con l'aumento della concentrazione dei metalli pesanti a partire dalla profondità di 17-18 cm. Il confronto con quanto osservato per l'elemento Hg, per la carota raccolta nel lago di Varese (Figure 36 e 37), conferma quanto descritto. Un altro punto importante da considerare lo si osserva a circa 10 cm di profondità, dove la concentrazione inizia a diminuire. Tale diminuzione è da collegarsi prevalentemente all'entrata in vigore della Legge Merli numero 319, promulgata nel 1976.

Raffrontando l'andamento della concentrazione del Hg, ma anche del Pb, Ti, Mn e dello Zn nella carota raccolta a San Massimo Gropello, che corrisponde a determinati avvenimenti avvenuti in periodi noti nel tempo e, raffrontando il tutto con i valori sia del Hg sia del  $^{137}\text{Cs}$  per il lago di Varese (Figure 36 e 37), si è potuto stimare il rateo di sedimentazione della carota, raccolta in località San Massimo Gropello, che è risultato pari a circa 0,35 cm/anno.

Essendo la carota di sedimento lunga 37 cm, si deduce che essa può "coprire" un periodo di circa 100 anni.

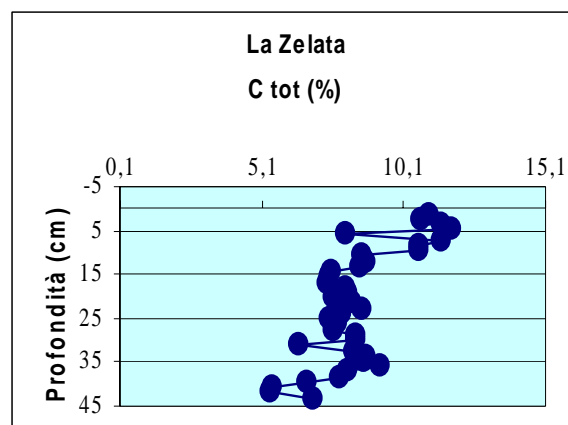


Figura 1. Andamento della concentrazione del C<sub>totale</sub>



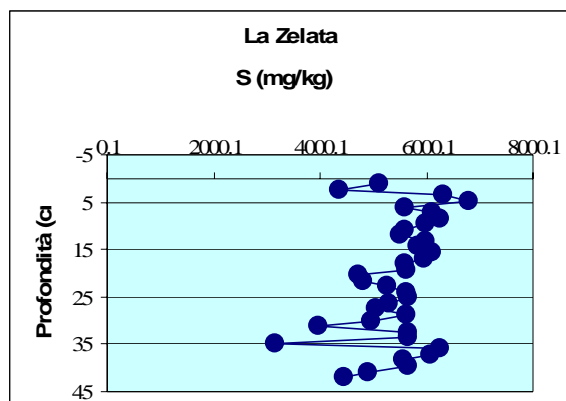


Figura 2. Andamento della concentrazione dello S

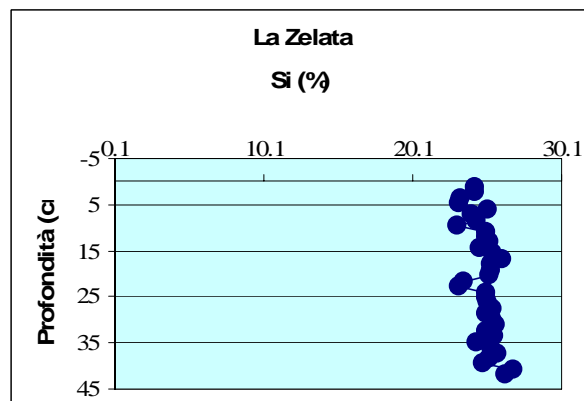


Figura 5. Andamento della concentrazione del Si

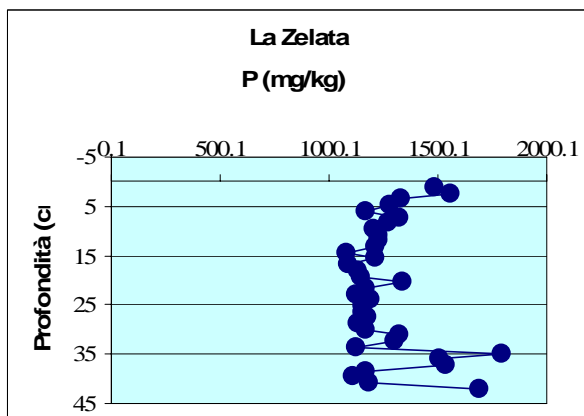


Figura 3. Andamento della concentrazione del P

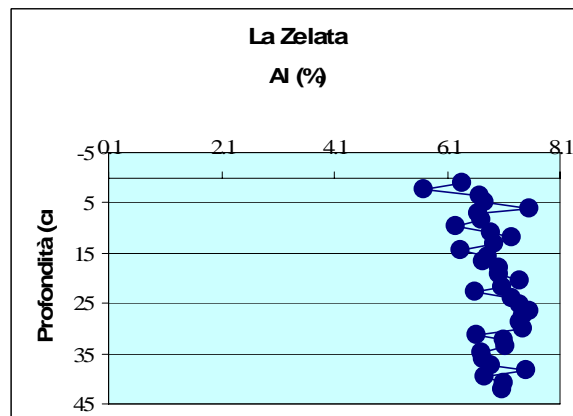


Figura 6. Andamento della concentrazione dell' Al

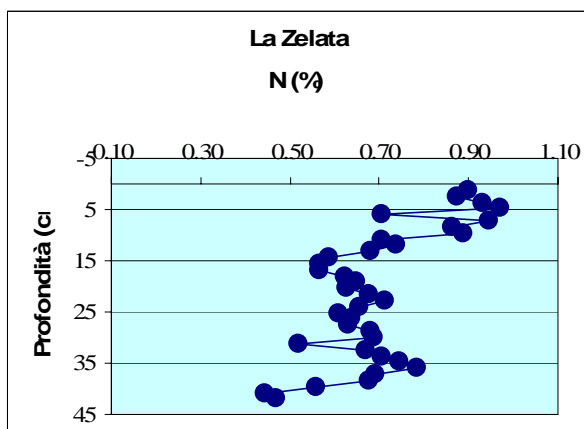


Figura 4. Andamento della concentrazione dell' N

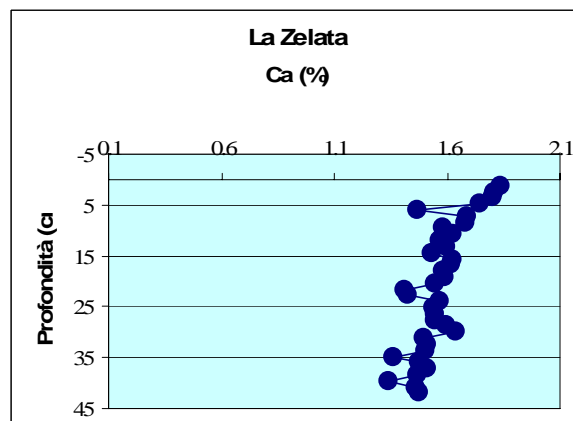


Figura 7. Andamento della concentrazione del Ca

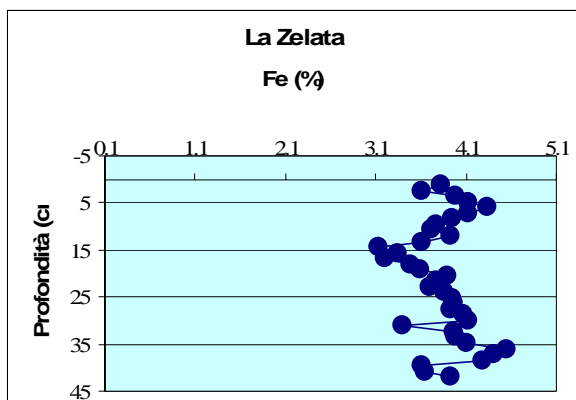


Figura 8. Andamento della concentrazione del Fe

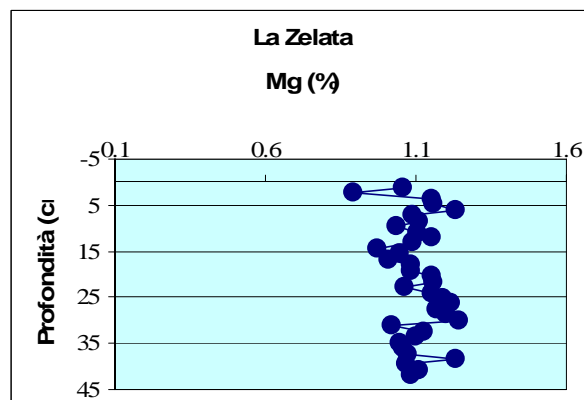


Figura 11. Andamento della concentrazione del Mg

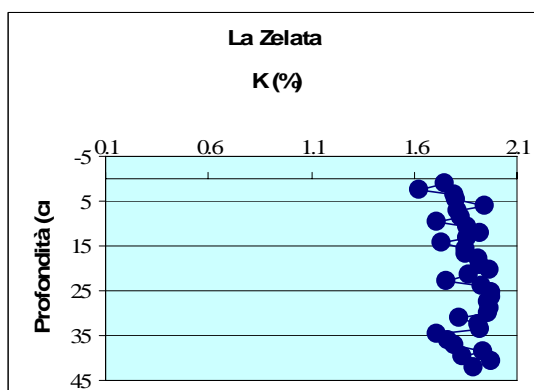


Figura 9. Andamento della concentrazione del K

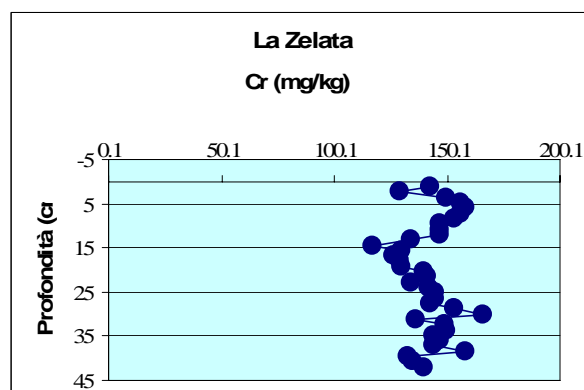


Figura 12. Andamento della concentrazione del Cr

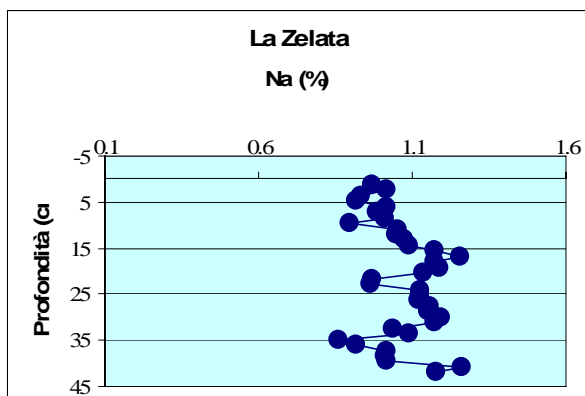


Figura 10. Andamento della concentrazione del Na

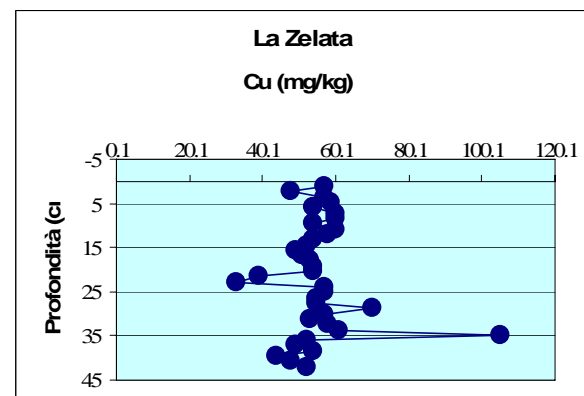


Figura 13. Andamento della concentrazione del Cu

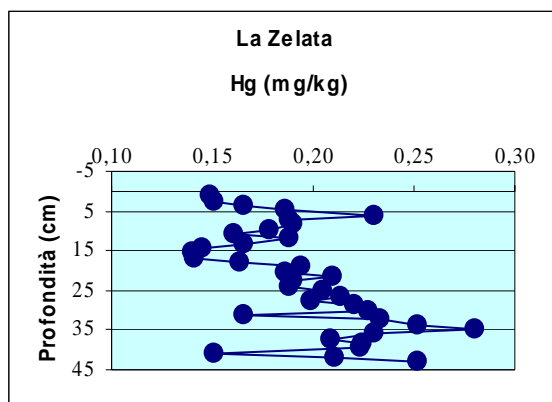


Figura 14. Andamento della concentrazione del Hg

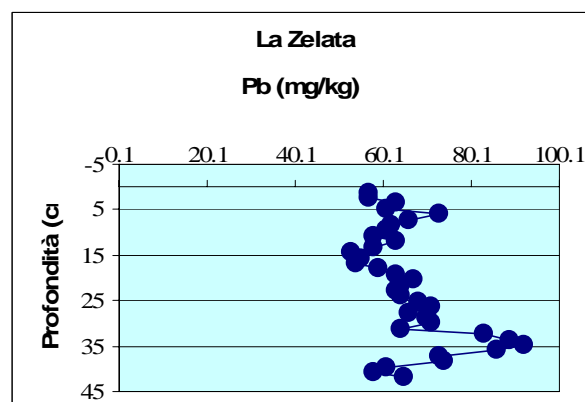


Figura 17. Andamento della concentrazione del Pb

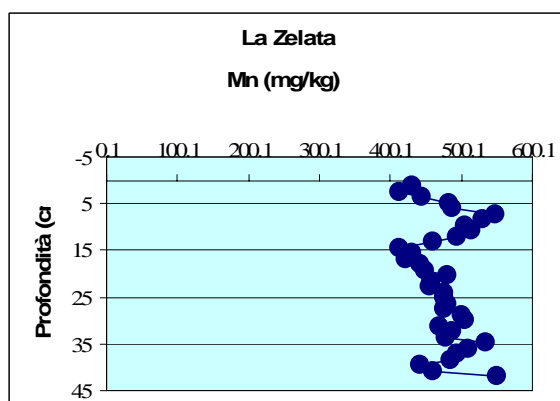


Figura 15. Andamento della concentrazione del Mn

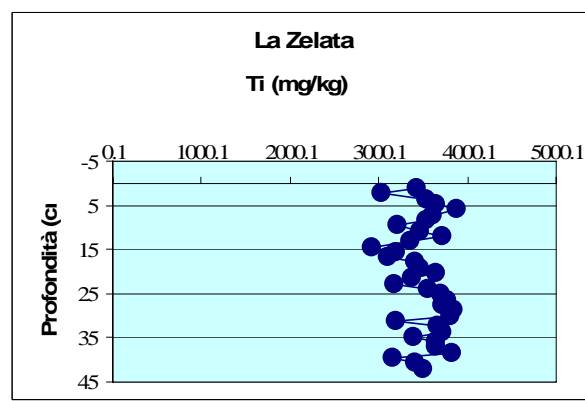


Figura 18. Andamento della concentrazione del Ti

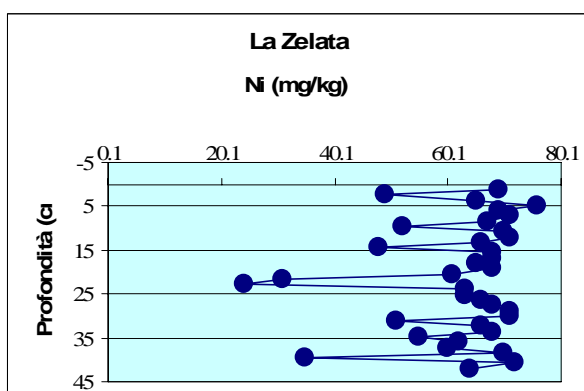


Figura 16. Andamento della concentrazione del Ni

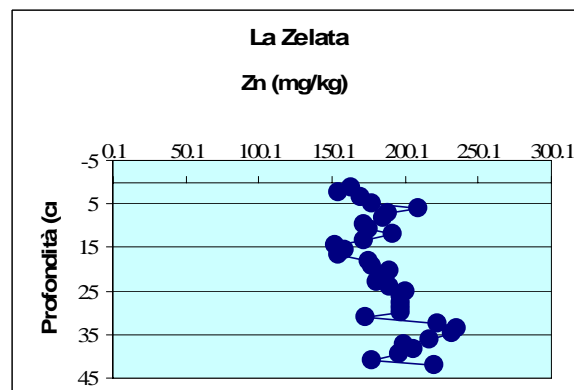


Figura 19. Andamento della concentrazione dello Zn

Tabella 1. Valori di concentrazione di alcuni elementi relativi alla carota di sedimento raccolta in località La Zelata

Spessore	C	H	N	S	P	Si	Al	Ca	K	Fe	Mg	Na
cm	%	%	%	(mg/kg)	(mg/kg)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
0-1,2	11,0	1,8	0,90	5121	1483	24,3	6,4	1,8	1,8	3,8	1,1	1,0
2,4	10,8	1,7	0,87	4367	1555	24,3	5,7	1,8	1,6	3,6	0,9	1,0
3,6	11,4	1,8	0,93	6311	1328	23,3	6,7	1,8	1,8	4,0	1,2	0,9
4,8	11,8	1,9	0,97	6794	1282	23,2	6,8	1,7	1,8	4,1	1,2	0,9
6	8,1	1,5	0,71	5597	1172	25,2	7,5	1,5	1,9	4,3	1,2	1,0
7,2	11,4	1,8	0,95	6111	1323	24,0	6,7	1,7	1,8	4,1	1,1	1,0
8,4	10,6	1,6	0,86	6249	1270	24,4	6,7	1,7	1,8	4,0	1,1	1,0
9,6	10,7	1,7	0,89	5992	1205	23,1	6,3	1,6	1,7	3,8	1,0	0,9
10,8	8,7	1,4	0,71	5601	1227	25,1	6,9	1,6	1,9	3,7	1,1	1,1
12	8,8	1,3	0,74	5497	1228	25,1	7,2	1,6	1,9	3,9	1,2	1,0
13,2	8,6	1,3	0,68	5996	1215	25,2	6,9	1,6	1,9	3,6	1,1	1,1
14,4	7,6	1,2	0,59	5825	1078	24,6	6,3	1,5	1,7	3,1	1,0	1,1
15,6	7,5	1,2	0,56	6117	1210	25,5	6,8	1,6	1,9	3,4	1,0	1,2
16,8	7,5	1,2	0,56	5952	1088	26,1	6,7	1,6	1,9	3,2	1,0	1,3
18	8,1	1,4	0,62	5608	1134	25,4	7,0	1,6	1,9	3,5	1,1	1,2
19,2	8,1	1,4	0,65	5613	1145	25,4	7,0	1,6	1,9	3,6	1,1	1,2
20,4	7,7	1,6	0,63	4729	1336	25,2	7,4	1,5	2,0	3,9	1,2	1,1
21,6	8,3	1,4	0,68	4807	1171	23,6	7,1	1,4	1,9	3,8	1,2	1,0
22,8	8,7	1,4	0,71	5265	1125	23,2	6,6	1,4	1,8	3,7	1,1	1,0
24	7,9	1,2	0,66	5613	1192	25,1	7,2	1,6	1,9	3,9	1,2	1,1
25,2	7,5	1,2	0,61	5667	1153	25,0	7,4	1,5	2,0	4,0	1,2	1,1
26,4	7,8	1,3	0,64	5308	1151	25,2	7,6	1,5	2,0	4,0	1,2	1,1
27,6	7,7	1,2	0,63	5060	1177	25,5	7,4	1,5	2,0	3,9	1,2	1,2
28,8	8,4	1,3	0,68	5630	1135	25,1	7,4	1,6	2,0	4,1	1,2	1,1
30	8,4	1,3	0,69	4952	1171	25,4	7,5	1,6	2,0	4,1	1,2	1,2
31,2	6,4	1,0	0,52	3962	1322	25,7	6,6	1,5	1,8	3,4	1,0	1,2
32,4	8,4	1,2	0,67	5649	1299	25,1	7,1	1,5	1,9	4,0	1,1	1,0
33,6	8,7	1,3	0,71	5642	1122	25,6	7,1	1,5	1,9	4,0	1,1	1,1
34,8	8,7	1,4	0,75	3156	1795	24,4	6,7	1,4	1,7	4,1	1,0	0,9
36	9,3	1,5	0,79	6258	1507	25,4	6,7	1,5	1,8	4,6	1,1	0,9
37,2	8,1	1,4	0,69	6067	1534	25,8	6,9	1,5	1,8	4,4	1,1	1,0
38,4	7,8	1,5	0,68	5552	1171	25,3	7,5	1,5	1,9	4,3	1,2	1,0
39,6	6,7	1,3	0,56	5652	1108	24,8	6,8	1,3	1,8	3,6	1,1	1,0
40,8	5,5	1,0	0,44	4900	1187	26,9	7,1	1,5	2,0	3,7	1,1	1,3
42	5,4	1,0	0,47	4462	1693	26,4	7,1	1,5	1,9	3,9	1,1	1,2
43,2	6,9	1,3	0,61	5784	1411	26,3	7,2	1,5	1,9	4,2	1,1	1,1

Tabella 2. Valori di concentrazione di alcuni metalli pesanti relativi alla carota di sedimento raccolta in località La Zelata

<b>Spessore</b> (cm)	<b>Cu</b> (mg/kg)	<b>Cr</b> (mg/kg)	<b>Hg</b> (mg/kg)	<b>Mn</b> (mg/kg)	<b>Ni</b> (mg/kg)	<b>Pb</b> (mg/kg)	<b>Ti</b> (mg/kg)	<b>Zn</b> (mg/kg)
0-1,2	57	143	0,15	430	69	57	3432	163
2,4	48	129	0,15	414	49	57	3034	154
3,6	57	150	0,17	444	65	63	3533	170
4,8	59	156	0,19	482	76	61	3638	178
6	54	158	0,28	488	69	73	3882	209
7,2	60	156	0,19	548	71	66	3601	188
8,4	60	153	0,19	531	67	62	3540	185
9,6	54	147	0,18	506	52	61	3213	172
10,8	60	147	0,16	515	70	58	3459	175
12	58	147	0,19	493	71	63	3724	192
13,2	54	134	0,17	461	66	58	3354	172
14,4	52	117	0,15	414	48	53	2931	152
15,6	49	130	0,14	430	68	55	3203	159
16,8	51	126	0,14	422	68	54	3101	154
18	53	129	0,16	442	65	59	3405	175
19,2	54	130	0,19	448	68	63	3462	177
20,4	54	140	0,19	481	61	67	3649	189
21,6	39	141	0,21	459	31	64	3381	183
22,8	33	134	0,19	456	24	63	3174	181
24	57	142	0,19	477	63	64	3557	190
25,2	57	145	0,21	476	63	68	3692	201
26,4	55	145	0,21	481	66	71	3776	197
27,6	55	143	0,20	475	68	66	3726	197
28,8	70	153	0,22	501	71	70	3846	197
30	57	166	0,23	506	71	71	3811	197
31,2	53	136	0,17	469	51	64	3200	173
32,4	58	149	0,28	488	66	83	3661	222
33,6	61	150	0,25	479	68	89	3725	236
34,8	105	144	0,28	535	55	92	3387	232
36	52	147	0,23	510	62	86	3655	217
37,2	49	144	0,21	495	60	73	3638	199
38,4	54	158	0,23	486	70	74	3824	206
39,6	44	133	0,22	442	35	61	3159	196
40,8	48	135	0,15	461	72	58	3412	177
42	52	140	0,21	550	64	65	3503	220
43,2	64	143	0,25	513	67	67	3680	249

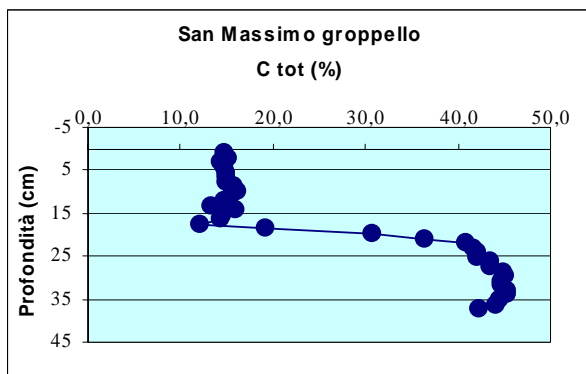


Figura 20. Andamento della concentrazione del C totale

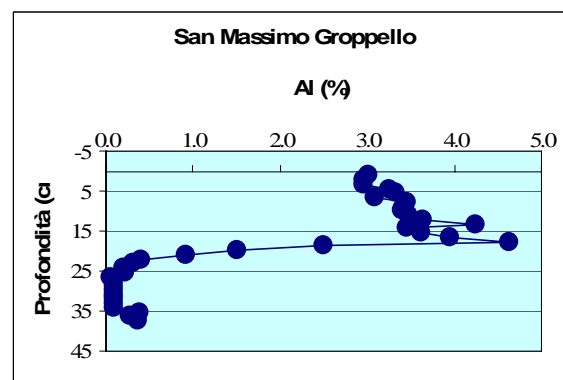


Figura 24. Andamento della concentrazione dello Al

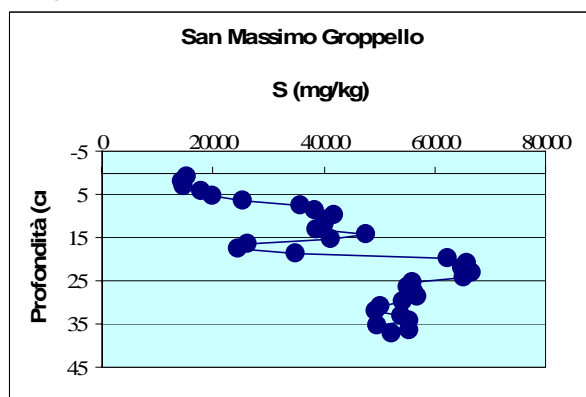


Figura 21. Andamento della concentrazione dello S

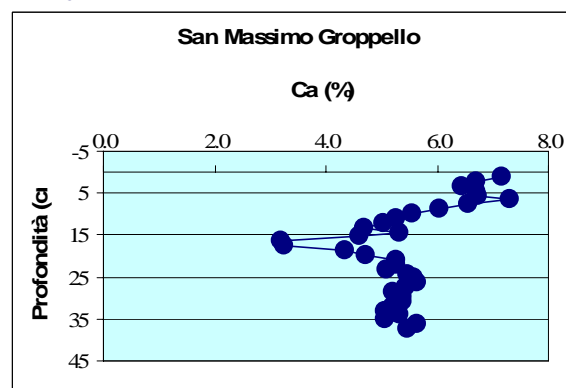


Figura 25. Andamento della concentrazione del Ca

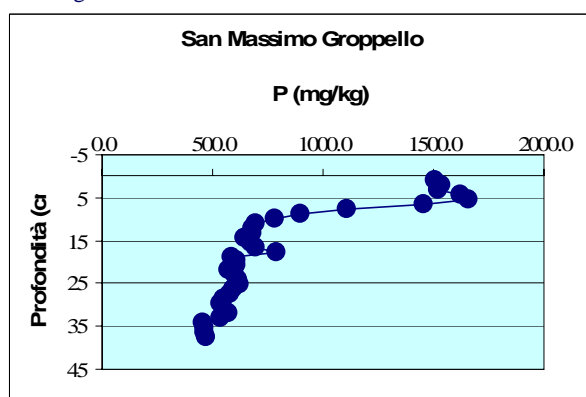


Figura 22. Andamento della concentrazione del P

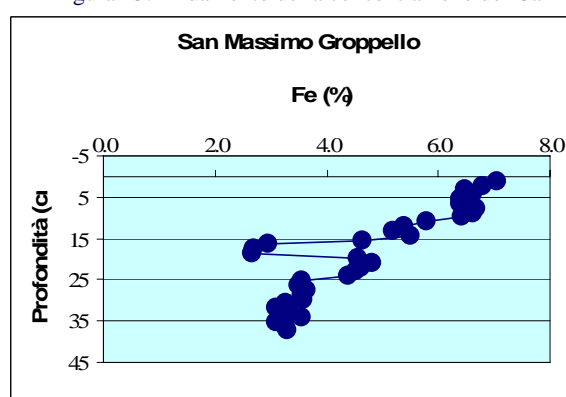


Figura 26. Andamento della concentrazione del Fe

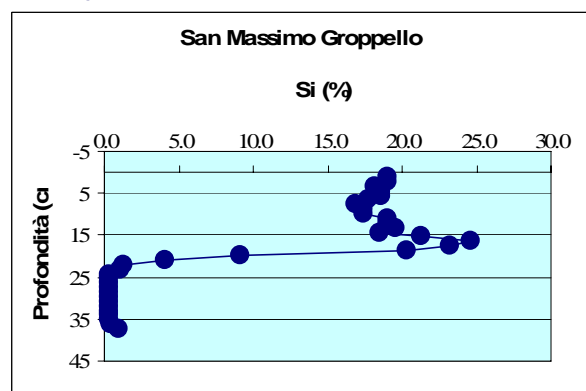


Figura 23. Andamento della concentrazione del Si

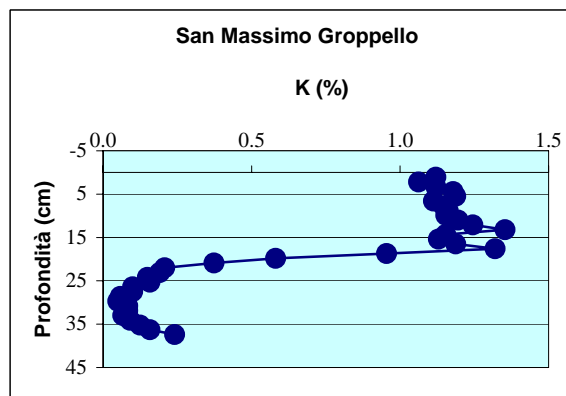


Figura 27. Andamento della concentrazione del K

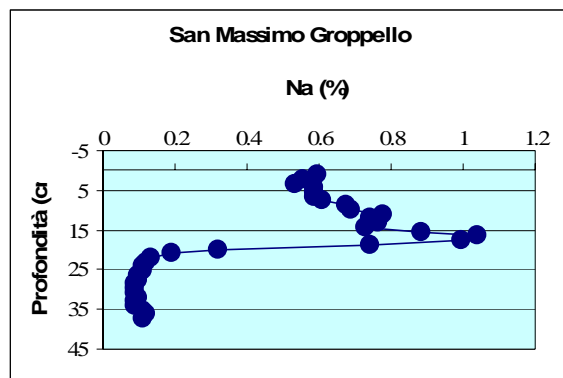


Figura 28. Andamento della concentrazione del Na

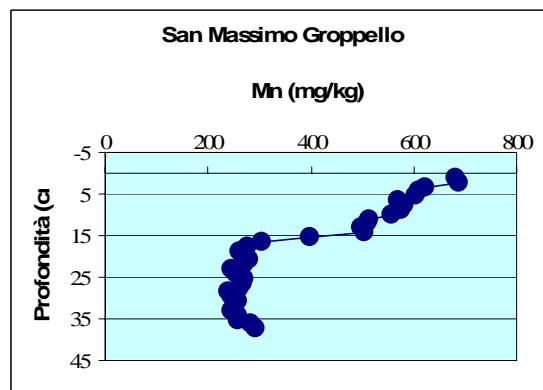


Figura 32. Andamento della concentrazione del Mn

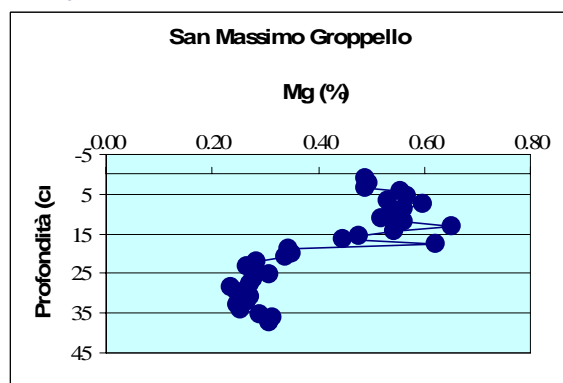


Figura 29. Andamento della concentrazione del Mg

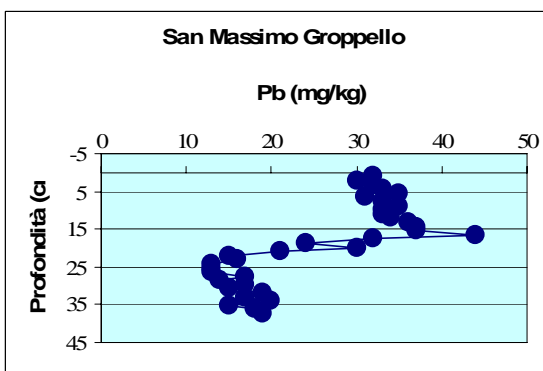


Figura 33. Andamento della concentrazione del Pb

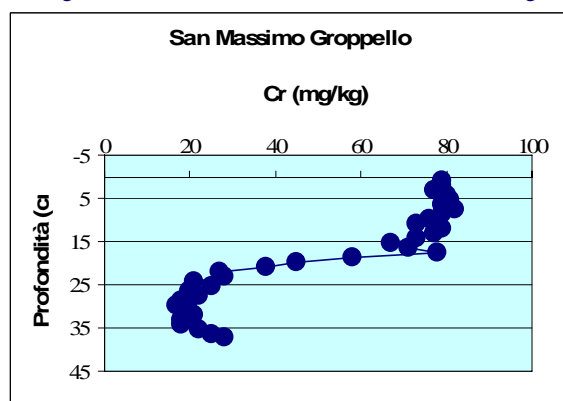


Figura 30. Andamento della concentrazione del Cr

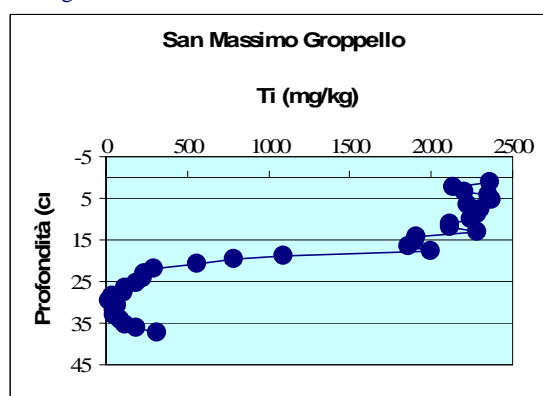


Figura 34. Andamento della concentrazione del Ti

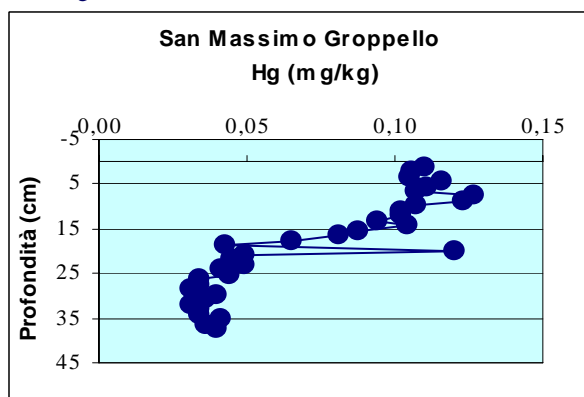


Figura 31. Andamento della concentrazione del Hg

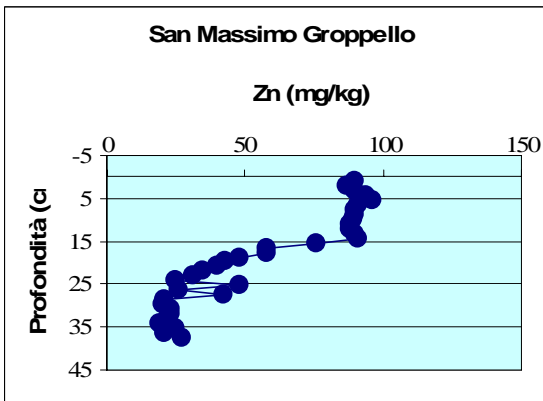


Figura 35. Andamento della concentrazione dello Zn

Tabella 3. Valori di concentrazione di alcuni elementi relativi alla carota di sedimento raccolta in località San Massimo Gropello

<b>Spessore</b>	<b>C</b>	<b>N</b>	<b>H</b>	<b>S</b>	<b>P</b>	<b>Si</b>	<b>Al</b>	<b>Ca</b>	<b>K</b>	<b>Fe</b>	<b>Mg</b>	<b>Na</b>
cm	%	%	%	(mg/kg)	(mg/kg)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
0-1,1	14,8	1,16	2,2	15353	1506	19,0	3,0	7,2	1,1	7,0	0,5	0,6
2,2	15,1	1,15	2,3	14460	1533	19,0	3,0	6,7	1,1	6,8	0,5	0,6
3,3	14,4	1,12	2,2	14862	1520	18,2	3,0	6,4	1,1	6,5	0,5	0,5
4,4	14,8	1,14	2,2	18026	1623	18,7	3,3	6,7	1,2	6,6	0,6	0,6
5,5	14,9	1,14	2,2	19868	1657	18,6	3,3	6,7	1,2	6,4	0,6	0,6
6,6	15,0	1,08	2,1	25432	1459	17,8	3,1	7,3	1,1	6,4	0,5	0,6
7,7	14,9	0,98	2,1	35684	1109	16,9	3,5	6,6	1,1	6,7	0,6	0,6
8,8	15,9	1,00	2,2	38415	899	17,4	3,4	6,0	1,2	6,6	0,6	0,7
9,9	16,2	0,94	2,2	41819	780	17,4	3,4	5,6	1,2	6,4	0,5	0,7
11	15,6	0,88	2,0	40357	693	19,1	3,5	5,3	1,2	5,8	0,5	0,8
12,1	14,7	0,86	1,9	40041	683	19,1	3,6	5,0	1,2	5,4	0,6	0,7
13,2	13,3	0,78	1,8	38630	678	19,6	4,2	4,7	1,4	5,2	0,7	0,8
14,3	15,9	0,90	2,0	47695	646	18,4	3,5	5,3	1,2	5,5	0,5	0,7
15,4	14,6	0,90	1,9	41358	670	21,3	3,6	4,6	1,1	4,6	0,5	0,9
16,5	14,3	0,92	2,0	26321	696	24,7	4,0	3,2	1,2	2,9	0,4	1,0
17,6	12,1	0,82	1,7	24572	789	23,2	4,6	3,3	1,3	2,7	0,6	1,0
18,7	19,2	1,17	2,5	34937	590	20,3	2,5	4,3	1,0	2,7	0,3	0,7
19,8	30,8	1,91	3,8	62515	609	9,2	1,5	4,7	0,6	4,6	0,3	0,3
20,9	36,4	2,25	4,5	65778	609	4,1	0,9	5,3	0,4	4,8	0,3	0,2
22	40,9	2,25	5,2	64905	574	1,3	0,4	5,3	0,2	4,6	0,3	0,1
23,1	41,8	2,43	5,1	66669	601	1,1	0,3	5,1	0,2	4,5	0,3	0,1
24,2	42,0	2,62	5,2	65160	619	0,3	0,2	5,5	0,1	4,4	0,3	0,1
25,3	42,2	2,71	4,5	55969	621	0,3	0,2	5,6	0,2	3,6	0,3	0,1
26,4	43,5	2,59	4,9	55160	592	0,3	0,1	5,7	0,1	3,5	0,3	0,1
27,5	43,4	2,48	5,1	56175	582	0,3	0,1	5,4	0,1	3,6	0,3	0,1
28,6	45,0	2,26	5,1	56984	548	0,3	0,1	5,2	0,1	3,6	0,2	0,1
29,7	45,2	2,18	4,9	54246	538	0,3	0,1	5,4	0,0	3,6	0,2	0,1
30,8	44,6	2,39	5,2	50388	553	0,3	0,1	5,4	0,1	3,3	0,3	0,1
31,9	44,7	2,28	5,1	49437	570	0,3	0,1	5,2	0,1	3,1	0,3	0,1
33	45,4	2,06	5,3	53983	535	0,3	0,1	5,1	0,1	3,4	0,2	0,1
34,1	45,3	1,96	4,9	55395	455	0,3	0,1	5,3	0,1	3,6	0,3	0,1
35,2	44,6	1,93	4,9	49680	466	0,3	0,4	5,1	0,1	3,1	0,3	0,1
36,3	44,1	1,92	4,8	55474	462	0,4	0,3	5,7	0,2	3,3	0,3	0,1
37,4	42,3	1,90	4,8	52369	474	1,0	0,4	5,5	0,2	3,3	0,3	0,1



Tabella 4. Valori di concentrazione di metalli pesanti nella carota di sedimento raccolta nella località San Massimo Gropello

<b>Spessore</b> (cm)	<b>Cr</b> (mg/kg)	<b>Hg</b> (mg/kg)	<b>Mn</b> (mg/kg)	<b>Ni</b> (mg/kg)	<b>Pb</b> (mg/kg)	<b>Ti</b> (mg/kg)	<b>Zn</b> (mg/kg)
1,1	79	0,11	682	n.d.	32	2360	90
2,2	79	0,11	689	n.d.	30	2133	87
3,3	77	0,11	623	n.d.	32	2207	90
4,4	80	0,12	611	n.d.	33	2353	94
5,5	81	0,12	603	n.d.	35	2370	96
6,6	79	0,11	571	n.d.	31	2223	91
7,7	82	0,13	581	n.d.	33	2303	90
8,8	79	0,12	577	n.d.	35	2283	90
9,9	76	0,11	558	n.d.	33	2246	89
11	73	0,10	513	16	33	2116	88
12,1	79	0,10	512	17	34	2111	88
13,2	77	0,09	498	24	36	2285	90
14,3	73	0,10	504	16	37	1910	91
15,4	67	0,09	397	28	37	1900	76
16,5	71	0,08	304	54	44	1863	58
17,6	78	0,07	278	54	32	1999	58
18,7	58	0,04	261	47	24	1096	48
19,8	45	0,12	269	35	30	791	43
20,9	38	0,05	279	39	21	559	40
22	27	0,05	271	52	15	292	35
23,1	28	0,05	246	52	16	234	31
24,2	21	0,04	254	59	13	224	25
25,3	25	0,04	271	71	13	192	48
26,4	20	0,03	268	77	13	115	26
27,5	22	0,03	260	74	17	111	42
28,6	18	0,03	240	76	14	41	21
29,7	17	0,04	245	84	17	17	20
30,8	20	0,04	258	74	15	64	23
31,9	21	0,03	251	87	19	54	23
33	18	0,03	245	85	17	47	22
34,1	18	0,03,	258	78	20	89	19
35,2	22	0,04	258	84	15	117	25
36,3	25	0,04	282	77	18	189	21
37,4	28	0,04	292	75	19	314	27

n.d. (non determinata la concentrazione)

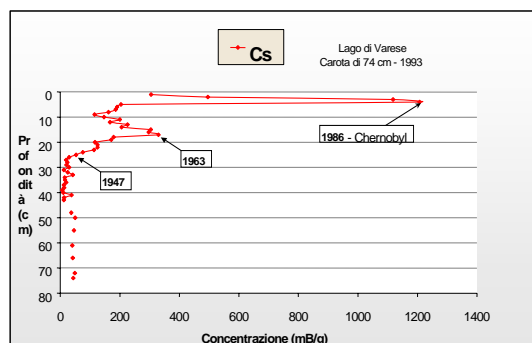


Figura 36. Andamento della concentrazione di  $^{137}\text{Cs}$  nella carota di sedimento raccolta nel Lago di Varese (Cenci *et al.*, 2003)

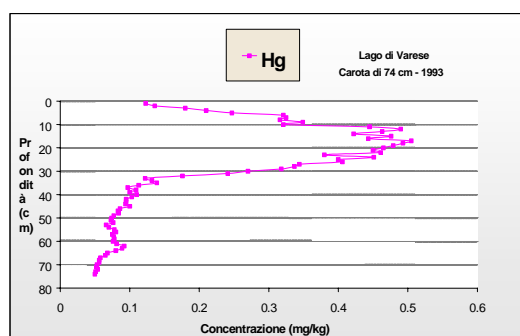


Figura 37. Andamento della concentrazione di Hg nella carota di sedimento raccolta nel Lago di Varese (Cenci *et al.*, 2003)

### Diossine e Furani

Le tabelle 5 e 6 riportano i valori di concentrazione, per le carote di sedimento raccolte rispettivamente in località La Zelata e San Massimo Gropello, espressi in WHO-TEQ (World-Health-Organization; Toxic-Equivalent-Quantities).

I valori di concentrazione per la carota raccolta in località La Zelata sono costanti lungo tutto il profilo della carota stessa e più elevati se si raffrontano con i valori della carota prelevata a San Massimo Gropello. Tale differenza di concentrazione può essere spiegata dall'estensione del bacino imbrifero che per La Zelata è molto più ampio e quindi raccoglie e sedimenta una maggior quantità di materiale organico e terrigeno. Più modesti sono i valori di PCDD/Fs (San Massimo Gropello) a testimonianza di un ridotto bacino imbrifero e di un modesto corpo d'acqua che è in grado di raccogliere le precipitazioni atmosferiche contenenti diossine e furani.

Inaspettatamente si osserva nello strato più profondo un valore di concentrazione significativamente più elevato; una spiegazione è alquanto difficoltosa e occorrerebbero indagini più mirate ed una conoscenza della storia passata dell'area di S. Massimo Gropello.

### Considerazioni

I valori di concentrazione ottenuti per gli elementi indagati per la carota di sedimento raccolta in località La Zelata, riflettono i valori dei suoli presenti nel bacino del fiume Ticino. Le oscillazioni nel tempo sono dovute prevalentemente ai periodi di piena e di stanca del fiume stesso che regolano i processi di sedimentazione e asportazione di sedimento. Per i valori ottenuti nella carota di San Massimo Gropello, l'andamento dei metalli pesanti conferma l'inizio di una più significativa industrializzazione che può essere datata attorno alla fine degli anni '40. I valori di "fondo" sono alquanto modesti come pure i valori di concentrazione sedimentati negli anni più recenti che riflettono le attività svolte negli ultimi decenni.

Tali ridotti valori di concentrazione sono in accordo con quanto riscontrato con lo studio dei suoli e dei muschi e non evidenziano importanti immissioni di metalli pesanti nell'ambiente imputabili alle attività umane.

Per quanto riguarda diossine e furani, i valori ottenuti sono modesti e costanti nel tempo. Fa eccezione il valore riscontrato negli strati profondi per la carota di San. Massimo Gropello.

Tabella 5. Valori di PCDD/Fs negli strati della carota di sedimento La Zelata

Strati sedimento	1, 2, 3	4, 5, 6, 7, 8	9, 10, 11, 12, 13	14, 15, 16, 17, 18
Congeneri analizzati	pg/g	pg/g	pg/g	pg/g
2,3,7,8-TCDD:	0,20	0,18	0,15	0,18
1,2,3,7,8-PeCDD:	0,75	0,67	0,38	0,59
1,2,3,4,7,8-HxCDD:	0,66	0,68	0,82	0,81
1,2,3,6,7,8-HxCDD:	1,6	1,6	2,0	2,0
1,2,3,7,8,9-HxCDD:	1,2	1,2	1,2	1,2
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD:	18	20	23	23
OCDD:	106	123	137	140
2,3,7,8-TCDF:	3,5	4,2	5,1	4,0
1,2,3,7,8-PeCDF:	2,0	1,8	3,1	2,1
2,3,4,7,8-PeCDF:	3,0	3,3	3,3	3,7
1,2,3,4,7,8-HxCDF:	2,9	3,1	3,5	3,6
1,2,3,6,7,8-HxCDF:	2,4	2,8	3,2	3,4
2,3,4,6,7,8-HxCDF:	3,4	3,3	3,8	3,5
1,2,3,7,8,9-HxCDF:	0,94	0,93	1,00	1,1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF:	16	16	16	16
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF:	1,5	1,6	1,8	1,5
OCDF:	30	26	25	26
I-TEQ	4,3	4,5	4,8	5,0
WHO-TEQ	4,6	4,7	4,8	5,1

Tabella 6. Valori di PCDD/Fs negli strati della carota di sedimento San Massimo Groppello

Strati sedimento	1, 2, 3, 4	5, 6, 7, 8, 9	10, 11, 12, 13	14, 15, 16, 17
Congeneri analizzati	pg/g	pg/g	pg/g	pg/g
2,3,7,8-TCDD:	0,13	0,051	0,029	0,20
1,2,3,7,8-PeCDD:	0,40	0,27	0,32	1,6
1,2,3,4,7,8-HxCDD:	0,44	0,30	0,70	2,8
1,2,3,6,7,8-HxCDD:	0,83	0,67	1,4	5,5
1,2,3,7,8,9-HxCDD:	0,76	0,55	1,0	3,6
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD:	7,9	5,4	8,3	29
OCDD:	36	23	9,9	34
2,3,7,8-TCDF:	2,8	2,2	0,46	2,2
1,2,3,7,8-PeCDF:	1,7	1,4	0,80	5,0
2,3,4,7,8-PeCDF:	2,6	1,9	2,2	11
1,2,3,4,7,8-HxCDF:	2,1	1,6	2,5	9,9
1,2,3,6,7,8-HxCDF:	1,8	1,3	2,8	12
2,3,4,6,7,8-HxCDF:	2,2	1,6	5,5	20
1,2,3,7,8,9-HxCDF:	0,61	0,49	2,1	7,5
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF:	9,5	6,9	13	39
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF:	0,79	0,70	2,7	8,8
OCDF:	15	9,9	9,3	28
I-TEQ	3,1	2,3	3,2	14
WHO-TEQ	3,3	2,4	3,4	14

## SUOLI

In appendice al volume sono riportate le fotografie, le mappe cartografiche e tutte le informazioni relative alle 157 aree di campionamento (AM1, AM2 e AM3). La tabella 7 riporta i valori di concentrazione di

macroelementi (Si, Al, Ca, K, Fe, Mg, Na e Ti) e nutrienti (S e P) nei suoli relativi alle tre aree Sotto Azione Monitoraggio Ambientale (SAMA).

Tabella 7. Valori di concentrazione relativi alle tre aree Sotto Azione Monitoraggio Ambientale (SAMA)

Aree indagate e spessore suolo	Si (%)	Al (%)	Ca (%)	K (%)	Fe (%)	Mg (%)	Na (%)	Ti (mg/kg)	S (mg/kg)	P (mg/kg)
CaNu (0-5 cm)	31,7	7,3	1,1	2,1	2,2	0,8	1,7	2580	403	810
CaNu (0-15 cm)	33,7	6,5	1,0	2,1	1,9	0,6	1,8	2600	286	1000
CaNu (15-30 cm)	31,7	7,3	1,1	2,1	2,2	0,8	1,6	2600	348	800
CaNo (0-5 cm)	31,2	7,5	1,0	2,0	3,0	0,9	1,2	3730	264	790
CaNo (0-15 cm)	32,0	7,1	1,1	1,9	3,0	0,8	1,3	3680	253	790
CaNo (15-30 cm)	31,0	7,6	1,1	2,0	3,0	0,9	1,2	3680	268	840
CaOR (0-5 cm)	33,3	6,7	1,0	2,0	2,0	0,7	1,7	2640	274	1040
CaOR (0-15 cm)	32,6	7,0	1,0	2,1	2,0	0,7	1,7	2697	283	1090
CaOR (15-30 cm)	33,4	6,3	1,1	2,0	2,1	0,6	1,7	2490	413	880

### SAMA

Le tre aree del sottoprogetto SAMA presentano tre differenti trattamenti e usi del suolo. Per quanto riguarda gli elementi riportati in tabella 7, i valori di concentrazioni sono ordinari se raffrontati con quanto riscontrato nei suoli dell'intera provincia di Pavia e non si evidenziano rilevanti variazioni nei valori di concentrazione tra le tre aree in esame e tra i livelli esaminati alle differenti profondità.

### Punti Principali

Per quanto riguarda i 7 Punti principali, la tabella 8 riporta i valori di concentrazione di alcuni elementi inorganici nei suoli sia per lo stato superficiale che per quello profondo.

La distribuzione della concentrazione appare di regola monotona sia nella variabilità spaziale sia in quella verticale, in quanto per la quasi totalità degli elementi e dei punti monitorati i valori negli orizzonti più profondi sono sovrapponibili a quelli superficiali.

E' opportuno segnalare come per il Punto Principale 1 i valori di Co e Mn siano più elevati nello stato superficiale. Quanto detto si osserva anche per As, Cd, Cu, Pb e Zn. Differenze analoghe, per alcuni elementi sopra citati, si osservano per il Punto Principale 2 anche se la sequenza risulta inversa.

Si osserva come l'andamento della concentrazione del Co, Cr e Ni, sia associato a significative differenze granulometriche della natura dei sedimenti, o di origine pedogenetica (Punto Principale 1). Concentrazioni locali di Mn sono riconducibili a segregazioni per fenomeni di riduzione legati all'idromorfia temporanea.

Tabella 8. Valori di concentrazione di alcuni elementi relativi ai 7 Punti Principali per gli strati superficiali e profondi

punto	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
PP1 (0-10 cm)	89000	56,8	0,29	18,2	111	30,0	0,06	1318	57	23,6	90
PP1 (80-100 cm)	89000	14,7	0,06	14,8	115	23,5	0,01	733	59	5,9	60
PP2 (0-25 cm)	73000	3,2	0,13	4,4	28	16,4	0,04	199	17	15,5	47
PP2 (80-100 cm)	89000	9,7	0,05	8,1	33	11,0	0,01	588	23	7,6	44
PP3 (0-10 cm)	79000	12,1	0,21	10,8	69	31,1	0,23	518	48	69,7	73
PP3 (80-100 cm)	69000	6,1	0,05	5,7	31	9,7	0,23	310	19	6,3	33
PP4 (0-25 cm)	64000	12,2	0,26	8,5	48	24,1	0,04	476	28	18,8	100
PP4 (75-100 cm)	73000	13,1	0,07	8,1	51	15,7	0,02	517	35	8,5	42
PP5 (80-10 cm)	77000	9,4	0,29	16,0	163	115	0,05	605	123	18,1	98
PP5 (80-100 cm)	74000	9,1	0,19	17,2	166	45,2	0,04	657	128	14,5	89
PP6 (0-15 cm)	78000	12,1	0,13	14,4	102	150	0,04	675	78	15,1	96
PP6 (80-100 cm)	72000	11,7	0,11	14,2	106	48,9	0,04	669	77	12,0	80
PP7(0-15 cm)	43000	6,0	0,18	9,7	124	11,6	0,03	395	67	9,6	57
PP7 (80-100 cm)	44000	5,8	0,12	10,5	127	11,7	0,03	409	72	8,3	54

### Punti Secondari

I valori di concentrazione di elementi inorganici relativi ai Punti Secondari sono riportati in tabella 9.

I valori ottenuti nel Punto Secondario 4 non sono stati utilizzati per le elaborazioni statistiche. Occorre ricordare come tale Punto è tuttora oggetto di una dettagliata osservazione che produrrà entro i primi mesi dell'anno 2007 un rapporto specifico.

La distribuzione spaziale dei valori di Co è presentata in figura 38. Una osservazione generale dei valori di concentrazione di Co, nei suoli di Pavia evidenzia come i risultati siano alquanto monotoni e inferiori se confrontati ai limiti tabellari del D.M. numero 471 del 1999 lista A (*Italia, 1999*), eccezione per il Punto Secondario 24 dove il valore è risultato pari a 22 mg/kg. Occorre in ogni caso segnalare come i valori più elevati, come evidenziato per Cr e Ni, si riscontrino nelle aree interessate dai sedimenti fluviali depositati nei secoli prevalentemente dal fiume Po e, la loro origine, sia imputabile alla natura stessa dei sedimenti.

La distribuzione spaziale dei valori di concentrazione di Mn è presentata in figura 39, dove si evidenzia una distribuzione alquanto omogenea su tutto il territorio

pavese. Anche in questo caso è stato escluso il Punto secondario 4 per le motivazioni sopra citate.

Le occasionali concentrazioni locali più elevate, sono riconducibili a fenomeni di ossido-riduzione di origine pedogenetica (PS 18) e a condizioni geologiche (PS 29 e 33).

### Punti Terziari

I valori di concentrazione degli elementi analizzati nei suoli pavesi relativi ai Punti Terziari sono riportati nelle tabelle comprese tra 10 e 15.

Gli elementi Co e Mn non sono stati analizzati per i campioni di suolo dell'area di Pieve Porto Morone.

I valori di concentrazione dell'elemento Co riscontrati nei suoli delle aree a valenza prevalentemente industriale testimoniano come le attività industriali presenti nelle aree non influiscano nell'innalzare i valori di concentrazione dell'elemento Co (Parona, e Giussago). Appare evidente com'è stato precedentemente evidenziato per lo stesso Co ma anche per il Ni e il Cr come i sedimenti veicolati dal fiume Po siano la causa principale dei valori più elevati. Questi

ultimi si riscontrano in quelle aree interessate storicamente dalle sedimentazioni fluviali come ad esempio l'area di Voghera e sporadicamente per Corte Olona e Sannazaro dei Burgondi.

In queste ultime aree alcuni valori sono di poco superiori ai valori limiti tabellari del D.M. numero 471.

I valori riscontrati nelle aree a valenza industriale evidenziano ridotte e monotone concentrazioni come per Parona e Giussago, mentre nelle restanti aree si riscontrano valori più disomogenei ed elevati imputabili prevalentemente alle condizioni di ossido-riduzione temporanee.

Tabella 9. Valori di concentrazione di alcuni elementi relativi ai Punti Secondari

punto	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
ps 01	47000	8,01	0,09	8,35	38,3	9,8	0,05	335	19,4	11,5	45
ps 02	32000	4,52	0,14	5,19	30,5	11,5	0,05	162	16,9	12,9	38
ps 03	52000	9,00	0,10	6,98	40,3	14,1	0,07	378	23,1	18,6	60
ps 04*	48000	32,5	34,6	12,8	269	264	3,15	1577	55,8	674	4038
ps 05	40000	3,73	0,41	8,64	89	41,6	0,34	222	46,0	32,8	114
ps 06	58000	9,07	0,17	8,23	46,6	20,1	0,05	519	25,9	12,7	78
ps 07	28000	6,94	0,07	4,08	25,3	9,7	0,07	306	15,9	45,9	41
ps 08	33000	10,2	0,35	7,05	62	19,5	0,06	286	24,6	28,7	100
ps 09	53000	17,8	0,19	9,92	41,8	21,7	0,05	427	28,4	22,5	74
ps 10	55000	24,3	0,14	9,25	35,8	16,3	0,07	619	22,3	16,5	67
ps 11	47000	15,5	0,44	9,83	51,1	33,0	0,14	655	34,4	32,1	119
ps 12	68000	8,71	0,26	20,7	162	42,5	0,05	894	163	19,6	98
ps 13	17000	3,11	0,08	2,94	19,6	15,8	0,19	121	14,2	8,7	55
ps 14	25000	4,60	0,09	4,61	33,4	7,9	0,03	466	16,1	9,8	33
ps 15	76000	23,0	0,14	14,1	64	34,9	0,06	652	43,5	20,6	104
ps 16	52000	7,73	0,13	8,35	66	18,8	0,06	577	34,0	23,9	51
ps 17	31000	2,42	0,08	7,56	133	17,4	0,04	177	87,3	19,3	59
ps 18 (san 51)	62000	9,60	0,26	12,7	107	23,6	0,09	1502	65,7	21,7	86
ps 19 (san 57)	47000	7,29	0,28	18,1	179	31,4	0,05	428	145	19,0	89
ps 20	48000	7,95	0,23	16,9	205	36,3	0,06	653	146	21,9	88
ps 21	115000	8,19	0,20	19,7	172	47,2	0,05	927	135	19,5	109
ps 22	70000	7,09	0,24	18,7	97	34,9	0,08	840	50,9	25,4	89
ps 23	121000	9,95	0,34	20,6	191	50,4	0,08	834	125	24,6	131
ps 24	67000	11,5	0,29	22,0	225	46,8	0,10	774	176	24,6	104
ps 25	51000	9,73	0,18	13,2	187	20,9	0,09	522	133	16,1	64
ps 26	93000	3,03	0,29	9,51	88	33,8	0,03	386	27,7	9,3	92
ps 27	53000	6,22	0,21	13,3	88	33,5	0,14	909	71	14,5	77
ps 28	85000	8,17	0,25	16,8	152	39,9	0,06	793	113	17,8	102
ps 29	127000	4,87	0,14	17,1	84	57,5	0,05	1291	58,4	13,2	106
ps 30	64000	5,14	0,25	18,4	183	34,4	0,05	866	140	16,1	102
ps 31	92000	7,24	0,45	14,2	73	27,6	0,08	956	37,9	29,3	95
ps 32	118000	12,2	0,15	14,4	88	39,0	0,07	471	46,8	24,7	100
ps 33	118000	6,44	0,21	20,1	117	51,6	0,07	1416	120	19,4	112
ps 34	105000	8,00	0,29	12,6	68	26,5	0,08	510	34,0	27,0	82
media	65000	8,8	0,22	12,6	98	29,4	0,08	633	68	21	84
min	17000	2,4	0,07	2,94	20	7,9	0,03	121	14	9	33
max	127000	24,3	0,45	22,0	225	57,5	0,34	1502	176	46	131
dev std	31000	5,0	0,10	5,5	60	13	0,06	345	52	8	25
U (%)	9	12	20	11	8	10	23	6	8	10	8

Tabella 10. Valori di concentrazione di alcuni elementi relativi all'area di Pieve Porto Morone

punto	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
piev 11	42000	22,5	0,74	nd	54,6	41,8	0,23	nd	30,0	29,2	141
piev 12	53000	12,4	0,18	nd	104	21,8	0,06	nd	72	18,2	70
piev 13	58000	12,5	0,29	nd	173	36,3	0,04	nd	143	20,1	83
piev 21	69000	14,3	0,28	nd	176	33,2	0,05	nd	150	15,7	89
piev 22	46000	8,6	0,22	nd	127	23,5	0,09	nd	96	24,6	63
piev 23	57000	11,0	0,30	nd	165	33,6	0,05	nd	142	19,0	82
piev 31	61000	10,7	0,28	nd	185	35,7	0,04	nd	160	24,8	85
piev 32	38000	8,21	0,17	nd	134	24,7	0,06	nd	112	15,5	66
piev 33	55000	9,84	0,40	nd	200	35,6	0,10	nd	154	16,7	94
media	53000	12,2	0,32	nd	147	31,8	0,08	nd	118	20	86
min	38000	8,21	0,17	nd	55	21,8	0,04	nd	30	16	63
max	69000	22,5	0,74	nd	200	41,8	0,23	nd	160	29	141
dev std	5000	4,31	0,17	nd	46	6,8	0,06	nd	44	5	23
U (%)	9	11	19	nd	8	10	23	nd	8	10	8

Tabella 11. Valori di concentrazione di alcuni elementi relativi all'area di Giussago

punto	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
gius 11	25000	11,6	0,18	3,5	18,5	10,1	0,09	183	10,9	13,2	43
gius 12	51000	14,6	0,33	8,7	38,2	29,8	0,11	261	21,8	37,7	91
gius 31	43000	21,6	0,25	7,1	30,3	14,3	0,07	346	17,9	19,2	63
gius 33	37000	13,8	0,19	5,4	29,1	23,9	0,08	260	15,3	24,4	71
media	39000	15,41	0,24	6,2	29,0	19,5	0,09	262	16,5	23,6	67
min	25000	11,63	0,18	3,5	18,5	10,1	0,07	183	10,9	13,2	43
max	51000	21,63	0,33	8,7	38,2	29,8	0,11	346	21,8	37,7	91
dev std	11000	4,33	0,07	2,3	8,1	9,0	0,01	67	4,6	10,4	20
U (%)	10	11	20	12	10	10	23	7	10	10	8

Tabella 12. Valori di concentrazione di alcuni elementi relativi all'area di Corte Olona

punto	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
cor 11	52000	16,3	0,41	7,6	46,8	20,4	0,14	735	22,2	19,5	99
cor 13	52000	15,5	0,22	9,1	45,8	18,6	0,08	494	24,6	21,1	65
cor 15	55000	11,6	0,11	11,2	67	18,5	0,04	445	39,2	15,3	51
cor 22	44000	16,7	0,14	7,4	33,7	17,5	0,08	312	20,9	22,4	60
cor 23	71000	18,3	0,23	20,2	90	28,9	0,08	428	54,0	38,3	123
cor 24	47000	11,0	0,11	8,9	56,5	19,4	0,04	598	42,2	20,0	64
cor 25	62000	18,3	0,25	13,	61	18,6	0,05	865	33,3	23,0	66
cor 31	58000	15,9	0,12	7,4	38,2	13,9	0,03	388	19,2	16,1	54
cor 32	61000	28,7	0,51	10,5	48,2	27,7	0,13	1335	30,2	25,2	105
cor 33	59000	14,4	0,73	13,9	96	94	0,24	711	50,6	43,0	225
cor 34	54000	10,9	0,16	9,9	58,4	21,8	0,06	417	33,1	20,4	65
cor 35 (PP4)	64000	12,2	0,26	8,5	48,1	24,1	0,04	476	27,7	18,8	100
cor 41	46000	19,2	0,17	8,8	34,9	19,7	0,06	424	23,8	23,9	64
cor 42	55000	21,4	0,21	8,2	34,8	20,3	0,07	315	22,2	21,4	68
cor 43	62000	16,7	0,26	12,1	52,5	31,8	0,08	528	35,2	20,5	88
cor 44	34000	9,62	0,22	5,7	26,2	52,5	0,11	365	16,0	21,4	95
cor 45	45000	12,9	0,20	7,1	34,6	24,7	0,09	555	20,1	24,4	74
cor 51	84000	12,2	0,21	24,5	251	47,4	0,07	896	200	20,8	97
cor 53	43000	11,0	0,15	6,8	31,4	16,7	0,04	291	20,1	13,6	54
cor 55	60000	8,43	0,18	14,7	157	25,7	0,04	381	105	17,2	74
media	55000	15,1	0,24	10,8	66	28	0,08	548	42,0	22,3	84
min	34000	8,43	0,11	5,7	26	14	0,03	291	16,0	13,6	51
max	84000	28,7	0,73	24,5	251	94	0,24	1335	200	43,0	225
dev std	11000	4,76	0,15	4,7	53	18	0,05	255	42	7,0	39
U (%)	9	11	20	11	9	10	23	6	9	10	8

Tabella 13. Valori di concentrazione di alcuni elementi relativi all'area di Voghera

punto	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
vog 11 (san 77)	37000	8,76	0,25	15,5	174	31,3	0,03	551	128	14,5	72
vog 12	58000	10,3	0,23	16,4	206	24,1	0,03	613	137	13,6	69
vog 13	50000	13,4	0,35	20,0	194	72	0,05	732	162	21,7	95
vog 14	63000	13,3	0,41	18,8	184	42,0	0,06	731	146	21,3	106
vog 15	52000	8,50	0,26	14,5	140	32,8	0,06	738	108	13,8	78
vog 21	68000	11,5	0,33	16,2	194	33,1	nd	631	129	16,5	85
vog 22	96000	17,0	0,37	24,3	250	49,1	0,05	847	201	24,2	119
vog 23	86000	9,27	0,40	17,3	157	48,9	0,05	757	122	17,7	120
vog 24	60000	9,27	0,29	16,4	166	37,3	0,06	801	128	16,9	92
vog 25	68000	9,57	0,33	15,5	150	36,9	0,05	769	109	16,0	90
vog 31	51000	10,4	0,36	15,4	141	39,1	0,04	716	112	18,7	99
vog 32	97000	18,5	0,40	17,7	170	43,7	0,04	772	125	20,5	110
vog 33	57000	8,83	0,61	16,1	160	33,3	0,04	719	126	15,4	87
vog 34	73000	8,26	0,33	15,7	155	38,4	0,05	758	114	17,1	93
vog 35	71000	9,83	0,34	16,8	154	58,3	0,05	766	122	18,5	98
vog 41	98000	11,5	0,35	18,3	173	75	0,05	713	134	19,8	118
vog 42	120000	14,8	0,34	19,1	190	45,6	0,04	746	148	20,2	118
vog 43	121000	10,2	0,36	17,9	174	48,3	0,04	722	129	17,4	120
vog 44	62000	8,85	0,34	15,5	138	188	0,05	823	108	19,8	120
vog 45	88000	10,5	0,34	16,4	140	67,9	0,08	750	110	17,8	123
vog 51 (PP2)	73000	3,24	0,13	4,4	28	16,4	0,04	199	17	15,5	47
vog 52	76000	nd	0,27	17,7	131	36,5	0,04	1052	110	17,4	81
vog 53	76000	9,87	0,34	17,6	152	40,6	0,04	935	116	22,5	101
vog 54	38000	9,58	0,32	12,8	154	118	0,09	778	108	19,4	89
vog 55	68000	7,93	0,31	15,2	145	57,3	0,06	722	102	18,5	94
media	72000	10,5	0,33	16,5	161	52,6	0,05	734	122	18,2	97
min	37000	3,24	0,13	4,41	28	16,4	0,03	199	17	13,6	47
max	121000	18,5	0,61	24,3	250	188,1	0,09	1052	201	24,2	123
dev std	22000	3,13	0,08	3,3	38	34,8	0,01	147	31	2,7	19
U (%)	9	11	19	10	7	9	25	6	8	10	8

Tabella 14. Valori di concentrazione di alcuni elementi relativi all'area di Parona

punto	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
par 11	34000	6,21	0,20	4,6	27,4	15,7	0,09	183	16,4	17,2	44
par 12	80000	13,5	0,23	10,2	57,3	18,5	0,13	710	30,7	22,0	119
par 13	77000	12,3	0,15	10,8	58,2	18,6	0,08	399	30,4	28,3	74
par 14	50000	7,61	0,15	6,8	62,5	16,9	0,09	355	21,8	22,0	69
par 15	52000	10,5	0,18	7,9	42,0	27,6	0,19	592	24,3	38,3	78
par 21	34000	5,64	0,20	5,1	32,8	25,2	0,11	446	22,6	24,9	79
par 22	32000	4,31	0,14	4,6	24,9	12,8	0,04	201	15,3	18,5	47
par 23	47000	5,46	0,86	8,5	93,9	40,3	0,61	292	51,4	38,5	123
par 24	68000	9,29	0,24	10,5	58,7	22,4	0,07	335	30,9	23,4	75
par 25	46000	4,82	0,12	6,1	33,9	15,8	0,04	256	19,2	16,7	52
par 31	35000	5,31	0,25	4,8	29,1	19,6	0,12	435	18,9	21,6	62
par 32	28000	3,79	0,18	4	23,4	10,7	0,05	192	13,4	12,4	36
par 33	37000	4,89	0,13	5,1	47,7	14,1	0,05	245	20,2	14,5	59
par 34	36000	8,17	0,33	6,3	49,0	23,4	0,32	278	31,5	26,4	108
par 35	61000	6,95	0,27	8,6	49,7	29,0	0,06	310	26,7	27,1	81
par 41	29000	6,84	0,17	4,5	24,0	13,2	0,15	392	17,2	22,7	52
par 42	22000	5,34	0,13	3,9	21,5	11,5	0,10	188	12,7	20,6	35
par 43	47000	6,73	0,14	6,1	40,9	11,4	0,08	283	21,1	15,9	53
par 44	38000	4,32	0,40	6	66,4	25,4	0,37	234	40,4	26,9	103
par 45	65000	11,7	0,14	9,4	48,3	27,0	0,04	323	28,5	21,9	65
par 51	35000	4,98	0,41	6,4	58,9	26,2	0,29	258	31,0	30,2	84
par 52	35000	7,24	0,21	7,1	51,6	22,4	0,08	357	37,2	17,7	71
par 53	32000	5,69	0,07	4,9	24,6	9,3	0,03	350	14,5	13,4	39
par 54	53000	10,0	0,62	11,6	107	45,4	0,64	313	63	39,0	126
par 55	49000	8,76	0,16	7,7	46,2	17,1	0,04	353	25,7	16,2	63
media	45000	7,22	0,24	6,9	47	20,8	0,15	331	26,6	23,0	72
min	22000	3,79	0,07	3,9	22	9,3	0,03	183	12,7	12,4	35
max	80000	13,54	0,86	11,6	107	45,4	0,64	710	63,3	39,0	126
dev std	15000	2,69	0,17	2,3	21	8,9	0,17	123	11,9	7,5	27
U (%)	10	12	20	12	9	10	21	7	10	10	8



Tabella 15. Valori di concentrazione di alcuni elementi relativi all'area di Sannazaro dei Burgondi

punto	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
san 11	35000	4,20	0,09	5,7	43,4	11,7	0,03	231	18,9	14,9	41,0
san 13	33000	4,17	0,12	4,5	30,8	11,0	0,04	175	16,1	16,0	42,5
san 15	30000	2,85	0,17	3,8	26,3	10,3	0,06	225	14,9	13,1	47,5
san 17	39000	5,51	0,21	6,4	49,4	26,0	0,08	440	22,4	24,7	84
san 22	29000	4,77	0,11	5,2	26,5	11,6	0,03	208	17,8	14,4	45
san 23	34000	2,94	0,05	4,3	28,0	8,8	0,02	235	16,0	8,9	34
san 24	57000	13,63	0,09	10,4	46,5	18,7	0,04	587	32,0	11,4	52,3
san 25	35000	3,10	0,20	5	38,9	17,5	0,04	219	18,2	16,2	50,3
san 26	26000	3,73	0,08	4,4	21,4	8,4	0,03	541	15,3	10,9	42,3
san 31	61000	8,42	0,18	10,5	59,1	18,4	0,05	320	36,5	19,8	70
san 32	64000	6,88	0,21	9,3	69	19,7	0,02	264	42,2	18,2	73
san 33	38000	4,43	0,15	6,2	41,6	17,0	0,08	207	25,2	21,0	60
san 34	40000	3,95	0,13	7,1	53,9	17,3	0,21	177	31,6	15,9	58,9
san 35	50000	3,82	0,12	7,9	70	19,5	0,10	240	44,7	23,0	65
san 36	36000	5,04	0,19	6,4	46,4	19,4	0,08	218	25,1	22,8	58,7
san 37	54000	7,03	0,16	8,4	53,3	21,0	0,09	338	33,4	15,6	58,2
san 42	80000	8,64	0,12	13,1	75,3	18,0	0,03	683	36,1	15,8	68
san 43	45000	5,03	0,19	9,6	61	13,3	0,03	313	32,7	15,0	58
san 44	42000	6,74	0,09	6,2	44,5	15,1	0,19	348	24,6	20,6	51,7
san 45	56000	10,12	0,28	9,5	53,6	29,7	0,05	666	34,8	23,0	72
san 46	80000	16,09	0,28	26,4	262	45,5	0,06	904	214	23,6	110
san 51 (18 ps)	62000	9,60	0,26	12,7	107	23,6	0,09	1502	65,7	21,7	86
san 52	33000	6,89	0,10	9,8	106	14,0	0,02	508	61	9,9	55,8
san 53	49000	4,55	0,10	8,8	54,7	10,8	0,02	338	27,9	12,6	49,5
san 54	57000	4,63	0,16	10,1	67	19,1	0,05	319	36,4	18,1	62
san 55	56000	8,90	0,24	18,6	191	35,3	0,09	711	144	20,9	94
san 56	63000	10,31	0,24	21,5	210	38,9	0,09	816	169	22,1	97
san 57 (19 ps)	47000	7,29	0,28	18,1	179	31,4	0,05	428	145	19,0	89
san 62	52000	12,13	0,34	11,3	82	16,8	0,03	607	48,5	13,0	63
san 63	68000	5,92	0,23	15,5	178	30,2	0,07	347	112	21,3	92
san 64	73000	11,00	0,21	24,1	230	39,1	0,04	786	183	20,2	97
san 65	54000	6,58	0,30	18,7	191	31,7	0,06	392	153	18,5	82
san 66	64000	8,49	0,26	18,6	180	44,9	0,12	757	146	24,4	107
san 71	58000	15,46	0,13	12,9	75	19,4	0,03	1110	45,3	13,0	66
san 73	97000	10,14	0,20	25,9	261	44,6	0,14	875	214	17,5	99
san 74	57000	6,07	0,18	15,8	192	25,9	0,05	461	127	12,8	75
san 75	53000	8,03	0,27	19,4	195	38,2	0,16	758	155	19,7	86
san 77 (vog 11)	37000	8,76	0,25	15,5	174	31,3	0,03	551	128	14,5	72
media	51000	7,26	0,18	11,8	102	23,0	0,06	495	71	17,5	69
min	26000	2,85	0,05	3,8	21,4	8,4	0,02	175	14,9	8,9	33,9
max	97000	16,09	0,34	26,4	262	45,5	0,21	1502	214	24,7	110
dev std	16000	3,37	0,07	6,3	74	10,8	0,05	295	63	4,3	20
U (%)	9	12	21	11	8	10	24	6	8	10	8

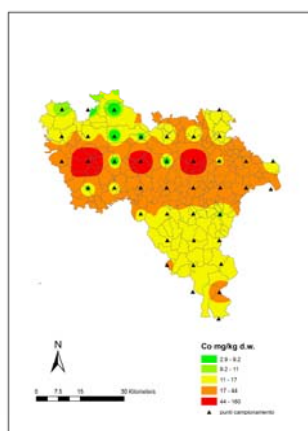


Figura 38. Distribuzione di Co (mg/kg) nei suoli della provincia di Pavia

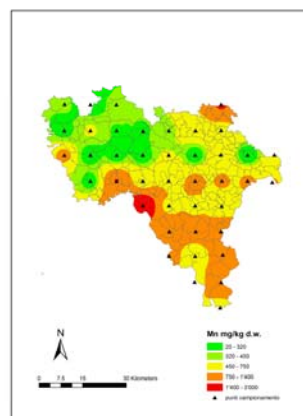


Figura 39. Distribuzione di Mn (mg/kg) nei suoli della provincia di Pavia

## MUSCHI

### ***Campionamento***

Nelle vicinanze di ciascuno dei 7 Punti Principali di AM1 dove sono stati raccolti i suoli, nei 34 punti per AM2 e 116 punti per AM3 veniva raccolto un campione di muschio. Tale campione, peso minimo 30 g, era composto da più sottocampioni raccolti in un'area di circa 400 m<sup>2</sup> localizzata nei pressi di ciascun Punto AM1, 2 e 3.

### ***Preparazione, trattamento dei campioni di muschio per analisi di metalli pesanti***

La preparazione e il trattamento di tutti i campioni di muschio sono avvenuti in accordo con il metodo A.N.P.A. (Cenci, 1999). L'identificazione delle specie di muschio è stata eseguita dai colleghi dell'Università degli Studi di Catania (Privitera e Pugliesi, 2005, *comunicazione personale*).

In aggiunta a quanto fatto per tutti i campioni di muschio, un ulteriore numero di 40 campioni è stato mineralizzato, mediante microonde, utilizzando acqua regia per la determinazione di Pt e Rh.

### ***Concentrazioni As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn***

L'incertezza del dato analitico di laboratorio per i muschi è stata stimata per tre differenti livelli di concentrazione; essa risulta in accordo con la formula di Horwitz (1997).

Le tabelle 16, 17 e 18 (a-f) riportano rispettivamente tutti i valori di concentrazione dei metalli pesanti indagati per le Azioni AM1, AM2 e AM3 (compresi valori minimo, medio, massimo, deviazione standard ed incertezza). La tabella 19 riassume i soli valori medi delle tre azioni raffrontandoli con valori medi riscontrati in esperienze ottenute in Italia e in Europa. Nella parte bassa della tabella 19 sono inoltre riportati, in grassetto, alcuni singoli valori di concentrazione particolarmente elevati riscontrati in quattro delle 157 aree indagate.

Le Azioni di Monitoraggio AM1 e AM2, rispettivamente 7 + 34 punti di campionamento, coprono l'intera area della Provincia di Pavia con una densità di campionamento pari a circa 70 km<sup>2</sup> per campione.

Una prima osservazione "generale", che prende in considerazione l'insieme dei risultati, indica come i valori di concentrazione, per tutti gli elementi analizzati in questo monitoraggio, sono alquanto ridotti e

presentano una distribuzione spaziale costante su tutto il territorio.

Quanto detto è dovuto principalmente al tipo di utilizzo dell'area di indagine, con vocazione prevalentemente agricola, e ai ridotti apporti dovuti alla quasi totale assenza di estese e importanti fonti di contaminazione.

Le figure numerate da 40 fino a 49 illustrano la distribuzione spaziale dei valori di concentrazione dei 10 elementi considerati in questo studio.

Occorre comunque segnalare la presenza di un numero ridotto di punti nei quali le concentrazioni di alcuni elementi sono risultate elevate.

Tra questi il punto PP2 che presenta elevate concentrazioni di Cu (116 mg/kg) e Zn (760) e in minor entità di Cd (0,61 mg/kg) e Pb (23,8 mg/kg). La causa di tali concentrazioni, in particolare per il Pb, potrebbe essere imputata alla presenza di una strada ad elevata percorrenza, a tralicci elettrici (Cu e Zn) e ad una fabbrica che produce films plastici (Cd).

Anche il PP6 presenta elevate concentrazioni per l'elemento Cu (805 mg/kg), tale elevato valore è imputabile al sito di campionamento, Corvino San Quirico, dove vi è la presenza della coltivazione della vite. Tale aspetto evidenzia la peculiarità dei muschi quali bioindicatori altamente selettivi.

Per i Punti Secondari, poche sono le aree che presentano valori elevati tra queste occorre segnalare il PS4 che si trova sul confine nord-est tra la provincia di Pavia e la provincia di Milano. In tale area i valori del suolo sono risultati particolarmente elevati (Cd 34,6; Cr 269; Cu 264; Hg 3,2; Pb 674 e Zn 4038 mg/kg), tali valori fanno pensare a sversamenti di reflui galvanoplastici. I muschi fedelmente rispecchiano quanto osservato per i suoli, le concentrazioni sono state pari a: Cd 2,5; Cu 40, Pb 42 e Zn 359 mg/kg. Una indagine approfondita è stata approntata per meglio capire l'entità e la vastità della contaminazione e sarà oggetto di un rapporto dettagliato.

Il Punto Secondario 11 si trova a 9 km a sud del PS4, esso registra un valore elevato di Cd (1,45 mg/kg) difficilmente spiegabile.

Il PS 26 si trova in un area coltivata a vite, come era ovvio attendersi i valori di Cu (366 mg/kg) e Cd (1,13 mg/kg) sono risultati significativamente elevati, per il Cd il suo utilizzo in agricoltura come antiparassitario è noto.

Come ultimo da segnalare è il PS 17, esso registra valori elevati in Co (7,8), Cr (45), Cu (29), Mn (1285), Ni (42) e Zn (132 mg/kg), apparentemente l'area non evidenzia particolari pressioni antropiche fatta eccezione per la presenza di una agricoltura a mais.

Per le sei aree relative ai Punti Terziari, aree che annoverano importanti impianti industriali, la situazione

generale deve essere considerata buona fatta eccezione per alcuni singoli punti dove le attività locali, prevalentemente industriali, potrebbero aver contribuito nell'innalzare la concentrazione di alcuni metalli pesanti.

Il raffronto tra i dati ottenuti nell'indagine di Parona, effettuata nel 2001 (*Cenci, 2002*), con i valori di questo studio evidenzia sostanzialmente una situazione pressoché identica, ciò induce a pensare che le attività antropiche, nel loro insieme, hanno avuto negli ultimi tre anni un identico "peso".

Il raffronto con esperienze italiane di aree urbane-industriali, come ad esempio l'area di Trezzo D'Adda,

pone i dati ottenuti in questo monitoraggio in una situazione di maggior sicurezza.

Un'osservazione deve essere fatta per Cr e Ni, i valori ottenuti sono più elevati se riferiti ai valori medi italiani e di altre nazioni europee, la causa potrebbe essere ricercata nel suolo. E' noto dalle comunicazioni di ERSAF e di ARPA Pavia (comunicazione personale) ed è stato confermato in questo studio, come una parte dei suoli pavesi presenti valori di concentrazione, di origine naturale, per i due elementi compresi tra 100 e 200 mg/kg, l'entità di tali valori potrebbe contribuire nell'innalzare la concentrazione nei muschi.

Tabella 16. Valori di concentrazione nei muschi relativi ai Punti Primari (AM1)

punto	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
pp 01	7600	2,60	0,25	1,79	10,8	21,8	0,11	158	8,48	9,0	110
pp 02	3300	0,62	0,61	1,13	7,6	116	0,14	95	8,50	23,8	760
pp 03	2900	0,51	0,23	0,99	7,0	25,8	0,16	84	6,97	8,2	111
pp 04	3700	0,84	0,24	1,14	10,5	15,0	0,11	70	7,68	11,5	57
pp 05	3200	0,66	0,14	1,16	8,4	8,9	0,10	68	6,66	4,1	39
pp 06	8500	1,69	0,22	2,55	16,5	805	0,10	368	14,8	8,3	120
pp 07	3500	0,49	0,12	0,90	6,8	9,3	0,10	61	4,93	4,1	45
media	4900	1,13	0,20	1,42	10,0	16	0,12	135	8,3	7,5	80
min	2900	0,49	0,12	0,90	6,8	8,9	0,10	61	4,9	4,1	39
max	8500	2,60	0,25	2,55	16,5	26	0,16	368	14,8	11,5	120
dev std	2500	0,84	0,06	0,64	3,6	7,5	0,02	120	3,4	2,9	37
U (%)	13	16	20	15	11	11	22	8	12	12	8

Tabella 17. Valori di concentrazione nei muschi relativi ai Punti Secondari (AM2)

punto	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
ps 01	6500	0,84	0,37	1,29	11,9	11,0	0,06	97	5,9	5,8	43
ps 02	6400	1,17	0,81	1,57	11,8	16,5	0,17	109	8,5	10,4	62
ps 03	3000	1,27	0,30	0,88	4,6	14,9	0,15	71	4,7	7,5	59
ps 04*	2600	1,52	2,51	0,85	13,2	38,9	0,29	68	6,9	42,2	359
ps 05	3900	0,88	0,45	1,53	10,4	30,6	0,11	129	7,5	173,0	113
ps 06	13200	7,43	0,35	3,98	14,8	21,6	0,11	744	15,8	20,3	85
ps 07	3400	0,92	0,40	0,86	5,1	14,4	0,11	64	3,8	9,1	57
ps 08	7500	1,69	0,57	2,65	25,2	25,6	0,12	438	9,9	12,3	92
ps 09	14500	3,10	0,31	2,69	12,0	15,2	0,08	269	8,4	9,5	71
ps 10	4900	2,04	0,38	1,24	10,5	21,7	0,11	109	6,8	9,7	64
ps 11	6400	2,04	1,32	1,59	12,6	26,7	0,13	79	9,3	11,1	65
ps 12	12600	2,02	0,17	3,78	23,8	15,7	0,08	200	22,3	6,6	65
ps 13	2600	0,51	0,23	0,57	3,9	14,8	0,11	108	3,8	10,6	52
ps 14	12100	2,96	0,21	3,08	20,0	25,8	0,11	139	16,3	15,6	78
ps 15	3600	3,09	0,29	0,89	5,0	11,4	0,06	242	3,3	4,9	39
ps 16	2000	0,53	0,15	0,51	3,5	13,0	0,14	92	4,1	6,6	44
ps 17	21000	4,18	0,33	7,77	45,3	28,9	0,16	128	41,9	16,0	132
ps 18 (san 51)	6200	1,32	0,29	1,71	12,9	12,0	0,13	177	10,4	7,8	45
ps 19 (san 57)	16700	4,41	0,28	4,42	33,6	23,8	0,14	297	28,1	12,7	90
ps 20	7300	1,67	0,25	3,14	27,3	14,0	0,06	142	24,7	6,8	49
ps 21	3700	0,67	0,24	0,90	7,1	18,0	0,13	51	9,0	16,1	49
ps 22	2200	0,34	0,20	0,49	4,4	19,9	0,17	41	4,3	7,7	75
ps 23	6000	1,11	0,17	1,66	21,1	19,2	0,13	77	20,5	33,5	44
ps 24	7600	1,57	0,33	3,13	28,6	18,7	0,10	160	26,4	7,2	56
ps 25	7200	1,11	0,24	2,13	16,0	19,8	0,11	140	14,0	6,0	78
ps 26	2100	0,46	1,13	0,57	3,4	366	0,20	155	3,3	3,9	129
ps 27	2600	0,37	0,26	0,69	4,6	17,3	0,16	71	4,3	4,2	54
ps 28	2200	0,39	0,23	0,56	4,8	16,9	0,13	38	4,8	10,6	37
ps 29	9600	0,85	0,15	2,81	10,6	23,0	0,10	209	13,5	4,8	57
ps 30	2600	0,39	0,12	0,85	6,8	14,1	0,14	60	7,1	6,1	40
ps 31	2500	0,47	0,22	0,68	2,8	12,2	0,11	102	3,1	5,5	43
ps 32	8100	1,47	0,17	1,66	7,1	12,6	0,06	85	6,1	4,6	65
ps 33	3900	0,55	0,32	1,08	4,7	11,1	0,19	144	5,6	13,6	41
ps 34	6900	0,87	0,45	2,78	7,3	14,1	0,11	117	6,7	10,4	45
media	6700	1,60	0,33	1,94	12,8	18,0	0,12	155	11,0	14,9	64
min	2000	0,34	0,15	0,49	2,8	11,0	0,06	38	3,1	3,9	37
max	21000	7,43	1,32	7,77	45	30,6	0,20	744	42	173	132
dev std	4700	1,5	0,23	1,5	10,2	5,5	0,04	137	9,0	29	25
U (%)	13	15	19	14	11	10	22	7	11	11	9

\* non considerati nei calcoli statistici

Tabella 18a. Valori di concentrazione nei muschi relativi ai Punti Terziari (AM3 Area Pieve Porto Morone)

punto	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
piev 11	2400	0,59	0,35	nd	8,9	24,1	0,12	nd	7,7	6,9	72
piev 12	13200	3,75	1,10	nd	42,2	44,0	0,15	nd	30,2	17,4	96
piev 13	6100	1,17	0,60	nd	21,7	14,3	0,08	nd	18,9	8,4	57,5
piev 21	2300	0,45	0,16	nd	7,4	17,4	0,11	nd	8,3	8,9	40,5
piev 22	3200	1,31	0,47	nd	9,2	19,7	0,12	nd	8,5	29,1	105
piev 23	6100	1,08	0,19	nd	18,9	16,5	0,13	nd	16,8	6,4	66
piev 31	11000	2,53	0,33	nd	37,5	25,8	0,10	nd	37,6	5,0	86
piev 32	7900	1,22	0,97	nd	20,2	27,1	nd	nd	26,8	3,55	103
piev 33	2300	0,49	0,57	nd	6,7	20,5	0,12	nd	14,2	13,1	68
media	6100	1,40	0,53	nd	19,2	23,3	0,12	nd	18,8	11,0	77
min	2300	0,45	0,16	nd	6,7	14,3	0,08	nd	7,7	3,55	40,5
max	13200	3,75	1,10	nd	42,2	44,0	0,15	nd	37,6	29,1	105
dev std	5200	1,1	0,33	nd	13,1	8,9	0,02	nd	10,7	8,0	21,9
U (%)	13	15	18	nd	10	10	22	nd	10	11	8

Tabella 18b. Valori di concentrazione nei muschi relativi ai Punti Terziari (AM3 Area Giussago)

punto	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
gius 11	22900	6,14	0,44	3,29	18,7	18,1	0,18	170	11,0	22,6	78
gius 12	2900	1,24	0,35	0,59	4,19	11,1	0,11	69	2,79	4,76	41
gius 31	15600	9,69	0,34	3,20	14,0	18,3	0,14	1239	11,3	15,7	62
gius 33	7300	3,36	0,24	1,52	10,5	19,7	0,13	274	6,68	10,2	60
media	12200	5,11	0,34	2,15	11,8	16,8	0,14	438	7,96	13,3	60
min	2900	1,24	0,24	0,59	4,2	11,1	0,11	69	2,79	4,8	41
max	22900	9,69	0,44	3,29	18,7	19,7	0,18	1239	11,3	22,6	78
dev std	8900	3,6	0,08	1,3	6,1	3,9	0,03	541	4	7,6	15,3
U (%)	12	13	19	14	11	10	22	6	12	11	9

Tabella 18c. Valori di concentrazione nei muschi relativi ai Punti Terziari (AM3 Area Corteolona)

punto	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
cor 11	1200	0,47	1,10	0,30	2,7	15,1	0,08	36	2,14	3,2	75
cor 13	7600	2,27	0,35	1,75	7,9	10,6	0,07	142	6,67	7,6	47
cor 15	6000	1,30	0,22	1,38	7,6	18,3	0,09	211	5,76	9,7	56
cor 22	4400	1,54	0,38	0,99	7,9	18,7	0,21	141	5,70	8,6	79
cor 23	14100	3,75	0,87	3,71	18,5	23,6	0,41	143	13,32	11,3	82
cor 24	6200	1,49	0,59	2,03	7,3	24,8	0,12	210	8,55	25,5	79
cor 25	4600	2,12	0,27	1,12	6,4	11,8	0,12	102	7,23	7,7	62
cor 31	7800	2,77	0,35	1,85	9,5	22,9	0,18	208	8,22	8,6	69
cor 32	15600	8,27	0,40	3,79	17,6	21,1	0,17	2017	14,7	13,4	83
cor 33	4400	1,15	0,36	1,25	15,3	28,7	0,16	83	15,6	39,0	100
cor 34	14100	4,37	0,24	4,06	21,4	27,4	0,16	222	15,0	17,8	66
cor 35 (PP4)	3700	0,84	0,24	1,14	10,5	15,0	0,11	69,5	7,7	11,5	57
cor 41	3100	0,91	0,67	1,00	9,7	19,9	0,07	84,3	8,14	13,1	87
cor 42	3500	1,47	1,48	0,92	6,0	13,6	0,10	120	4,56	7,7	47
cor 43	13200	5,74	0,60	4,10	16,4	21,3	0,09	191	15,5	19,6	73
cor 44	4300	0,93	0,20	0,99	6,3	18,9	0,12	193	5,63	8,2	74
cor 45	14200	4,48	0,31	2,50	9,9	14,3	0,13	217	8,23	8,1	64
cor 51	6600	1,40	0,30	2,66	24,7	15,6	0,10	112	21,6	7,7	174
cor 53	5000	1,12	0,18	1,05	7,4	18,1	0,16	186	6,83	12,8	55
cor 55	11200	2,16	0,36	3,51	28,3	18,9	0,12	161	21,1	7,6	66
media	7600	2,43	0,47	2,01	12,1	18,9	0,14	242	10,1	12,4	75
min	1200	0,47	0,18	0,30	2,7	10,6	0,07	36	2,14	3,2	47
max	15600	8,27	1,48	4,10	28,3	28,7	0,41	2017	21,6	39,0	174
dev std	4500	1,9	0,34	1,22	6,9	4,9	0,08	421	5,5	8,1	27
U (%)	13	14	18	14	11	10	22	7	11	11	8

Tabella 18d. Valori di concentrazione nei muschi relativi ai Punti Terziari (AM3 Area Voghera)

punto	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
vog 11 (san 77)	2700	0,61	0,30	1,00	8,3	23,3	0,14	72	8,0	11,2	73
vog 12	2100	0,40	0,80	0,82	5,8	21,7	0,11	58	6,1	9,6	262
vog 13	5200	1,11	0,25	1,52	15,4	22,5	0,24	68	14,7	7,7	57
vog 14	7800	2,78	0,76	3,44	37,6	26,7	0,07	146	31,8	28,7	118
vog 15	4000	0,60	0,23	0,84	9,1	15,7	0,12	78	8,0	18,8	59
vog 21	14600	1,98	0,24	3,30	30,4	27,1	0,19	210	24,2	9,9	90
vog 22	11400	1,56	0,40	2,80	27,2	25,0	0,20	106	23,7	11,5	93
vog 23	3300	0,51	0,21	0,78	7,8	17,7	0,13	45	7,5	11,3	57
vog 24	4700	0,67	0,34	1,20	12,3	20,2	0,15	65	9,5	11,8	52
vog 25	8600	1,34	0,56	2,81	26,3	30,3	0,39	147	33,0	15,5	92
vog 31	15600	3,43	0,25	5,66	46,7	29,1	0,13	427	41,1	14,7	116
vog 32	6200	1,19	0,89	2,19	15,2	22,6	0,14	121	17,6	16,1	115
vog 33	7800	1,39	0,86	2,87	27,5	32,8	0,23	160	23,3	27,4	212
vog 34	1700	0,40	0,21	0,44	4,0	14,7	0,19	39	4,0	4,5	62
vog 35	36100	3,51	0,34	7,73	74,2	37,9	nd	400	57,0	15,9	95
vog 41	6200	0,97	0,43	1,29	13,1	19,1	0,11	55	10,3	6,8	153
vog 42	2000	0,37	0,56	0,63	4,3	20,7	0,13	42	5,3	4,0	91
vog 43	7000	0,97	0,66	1,95	21,0	24,7	0,10	115	18,8	9,3	89
vog 44	16800	2,40	0,83	8,75	42,9	538	0,12	300	45,2	34,6	220
vog 45	1700	0,56	0,75	1,73	5,8	28,7	0,13	61	6,5	38,9	128
vog 51 (PP2)	3200	0,62	0,61	1,13	7,6	116	0,14	95	8,5	23,8	760
vog 52	2900	0,73	0,58	0,85	8,8	19,6	0,17	53	6,0	19,2	77
vog 53	5600	1,09	0,34	1,72	15,9	27,5	0,14	115	12,8	12,7	70
vog 54	4100	1,00	1,66	1,97	16,6	37,5	0,14	100	12,5	24,6	502
vog 55	3500	0,61	0,39	0,96	7,6	55,7	0,16	72	7,6	8,2	84
media	7600	1,26	0,54	2,39	20,2	26,1	0,16	127	18,1	15,5	124
min	1700	0,37	0,21	0,44	4,04	14,7	0,07	39,3	3,96	4,01	52
max	36100	3,51	1,66	8,75	74,2	55,7	0,39	427	57,0	38,9	502
dev std	7500	0,9	0,33	2,16	16,8	8,9	0,06	107	14,3	9,2	97
U (%)	13	15	18	14	10	10	21	8	10	11	8

Tabella 18e. Valori di concentrazione nei muschi relativi ai Punti Terziari (AM3 Area Sannazzaro dei Burgondi)

punto	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
san 11	14500	6,26	0,24	5,17	20,6	19,4	0,15	1052	17,0	14,6	98
san 13	2600	0,73	0,19	0,61	4,6	8,6	0,07	79	3,3	5,4	32
san 15	2900	0,64	0,18	0,81	5,3	14,9	0,14	236	5,6	14,0	48
san 17	2100	0,50	0,18	0,61	3,7	13,6	0,09	54	3,6	5,6	68
san 22	2400	0,36	0,15	0,52	4,1	14,5	0,11	64	3,4	8,9	37
san 23	3000	0,61	0,35	0,79	5,3	10,3	0,08	75	4,2	5,9	36
san 24	4500	0,92	0,32	1,06	5,9	18,0	0,10	192	5,5	9,5	80
san 25	3200	0,80	0,25	0,82	4,9	10,2	0,11	nd	3,3	3,3	38
san 26	4100	0,88	0,27	0,93	6,3	15,0	0,16	147	6,2	8,2	60
san 31	7000	1,21	0,25	1,87	13,9	11,4	0,11	126	8,4	6,5	50
san 32	6400	1,24	0,24	1,69	12,1	12,1	0,15	235	8,6	11,0	58
san 33	5000	1,22	0,27	1,39	9,4	18,7	0,17	186	8,5	11,2	96
san 34	8200	1,71	0,46	1,98	12,7	16,1	0,10	243	9,1	6,1	70
san 35	6800	1,64	0,32	2,02	11,7	13,5	0,13	199	10,5	8,4	63
san 36	1500	0,40	0,41	0,63	7,6	9,4	0,13	41	4,5	2,6	44
san 37	6700	1,63	0,28	1,65	11,3	11,6	0,05	165	7,0	4,4	47
san 42	3500	0,55	0,42	1,15	9,2	14,6	0,09	64	9,7	10,4	127
san 43	8300	2,46	0,61	3,41	47,0	22,7	0,15	144	33,7	20,0	298
san 44	3400	0,73	0,38	1,07	10,7	12,6	0,07	78	8,0	4,9	65
san 45	8600	1,68	0,73	3,06	25,4	35,1	0,13	121	25,6	43,0	557
san 46	20100	6,74	0,38	7,20	67,9	20,9	0,10	381	60,8	11,0	72
san 51 (18 ps)	6200	1,32	0,29	1,71	12,9	12,0	0,13	177	10,4	7,8	45
san 52	8800	1,46	0,39	1,97	12,1	18,4	0,13	176	10,2	7,3	74
san 53	17300	3,18	0,31	4,34	20,4	23,0	0,11	373	18,4	11,1	102
san 54	10400	1,62	0,33	2,61	15,5	19,6	0,13	305	12,8	6,2	68
san 55	3500	0,82	0,76	1,72	25,6	14,6	0,07	74	16,6	10,7	274
san 56	12200	1,86	0,58	4,02	37,7	17,8	0,16	189	32,7	6,8	70
san 57 (19 ps)	16700	4,41	0,28	4,42	33,6	23,8	0,14	297	28,1	12,7	90
san 62	9000	1,76	0,20	2,47	20,0	20,3	0,15	571	16,1	8,4	87
san 63	7900	1,58	0,22	1,99	16,5	14,2	nd	119	12,6	5,4	49
san 64	10000	1,55	0,23	3,23	27,6	19,2	0,11	163	23,9	8,0	73
san 65	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
san 66	4500	0,87	0,14	1,55	16,4	17,2	0,13	90	13,7	6,6	61
san 71	5900	1,07	0,29	2,18	18,8	19,6	0,13	214	16,3	16,1	147
san 73	3100	0,73	0,17	1,48	12,7	8,7	0,10	86	10,7	3,1	31
san 74	3700	1,16	0,31	1,72	16,6	13,1	0,10	98	13,6	6,7	45
san 75	3700	0,97	0,37	1,38	13,4	15,6	0,16	80	11,7	11,9	58
san 77 (vog 11)	2700	0,61	0,30	1,00	8,3	23,3	0,14	72	8,0	11,2	73
media	6800	1,56	0,33	2,06	16,4	16,3	0,12	194	13,6	9,6	92
min	1500	0,36	0,14	0,52	3,7	8,6	0,05	41	3,3	2,6	31
max	20100	6,74	0,76	7,20	67,9	35,1	0,17	1052	60,8	43,0	557
dev std	4600	1,4	0,15	1,4	13,1	5,3	0,03	184	11,2	6,8	97
U (%)	13	15	19	14	10	11	22	7	11	11	8

Tabella 18f. Valori di concentrazione nei muschi relativi ai Punti Terziari (AM3 Area Parona)

punto	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
par 11	12000	2,39	0,57	2,67	29,3	30,4	0,11	197	12,6	96,3	133
par 12	20700	3,92	0,63	6,29	50,7	40,4	0,42	325	40,2	30,9	139
par 13	3500	0,72	0,40	0,78	5,7	15,8	0,13	238	3,3	4,8	64
par 14	4600	0,97	0,48	0,98	6,8	24,0	0,14	90,8	5,2	17,2	81
par 15	11700	1,73	0,33	2,14	23,9	27,8	0,16	174	10,4	27,1	82
par 21	5600	1,00	0,45	1,31	10,0	19,6	0,21	147	8,2	11,2	68
par 22	3000	2,40	0,39	0,77	7,3	24,2	0,12	100	4,5	13,3	95
par 23	14300	2,48	0,71	3,89	31,2	84,1	0,30	177	21,4	30,4	92
par 24	5100	0,98	0,36	1,01	8,6	16,8	0,12	101	5,5	6,2	53
par 25	3200	0,46	0,68	0,71	5,8	16,9	0,07	53,1	4,4	13,6	73
par 31	3500	0,78	0,31	0,87	6,0	14,3	0,13	67,9	4,7	10,0	201
par 32	19200	3,01	0,50	3,36	18,4	30,8	0,24	352	16,4	23,9	115
par 33	10500	1,81	0,80	2,30	17,1	22,5	0,17	129	11,6	15,5	71
par 34	4700	0,84	0,35	1,06	11,2	16,9	0,10	106	6,4	23,8	60
par 35	9200	2,50	0,33	1,92	8,7	18,6	0,12	259	6,5	11,7	71
par 41	6300	0,85	0,37	1,10	7,9	40,7	0,13	155	7,3	29,7	199
par 42	5700	0,80	0,41	0,95	7,1	33,4	0,11	117	6,9	18,0	95
par 43	4900	0,85	0,63	1,22	5,5	18,4	0,13	107	4,9	15,2	72
par 44	4300	0,85	0,63	1,23	13,5	14,9	0,09	84,2	7,2	7,2	262
par 45	5700	0,84	0,90	0,97	7,8	22,8	0,17	108	5,8	11,8	95
par 51	7700	1,55	1,15	3,15	23,1	28,7	0,09	120	15,7	18,0	118
par 52	10400	2,37	0,90	4,19	35,4	28,6	0,35	202	28,5	19,9	100
par 53	13200	2,46	0,45	2,18	21,9	30,6	0,08	181	13,4	41,3	194
par 54	7600	1,31	0,67	2,41	19,4	19,3	0,23	121	13,5	17,4	74
par 55	6700	5,94	0,10	4,52	7,6	27,7	n.d.	427	8,5	8,9	158
media	8200	1,58	0,56	1,98	15,9	26,7	0,16	155	11,0	21,4	109
min	3000	0,46	0,31	0,71	5,5	14,3	0,07	53,1	3,3	4,8	53
max	20700	3,92	1,15	6,29	50,7	84,1	0,42	352	40,2	96,3	262
dev std	4900	0,9	0,22	1,4	11,6	14,4	0,09	77	8,7	18,3	54
U (%)	12	15	17	14	11	10	21	7	11	10	8



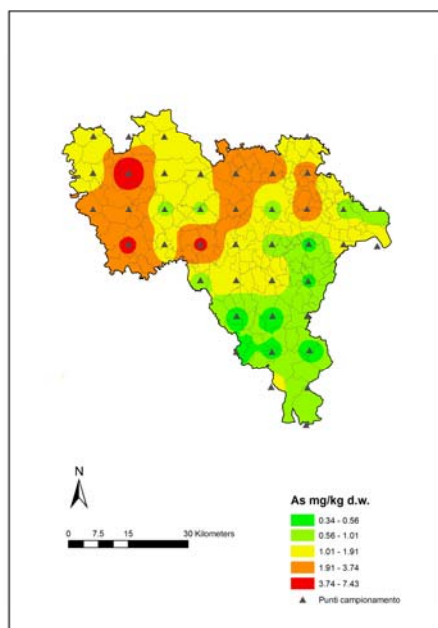


Figura 40. Distribuzione della concentrazione di As (mg/kg) nei muschi

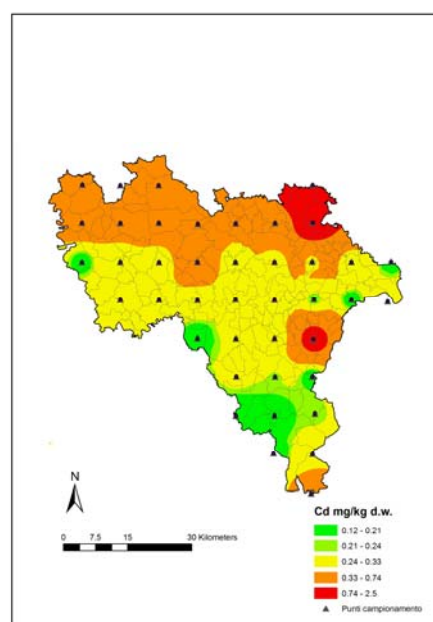


Figura 41. Distribuzione della concentrazione di Cd (mg/kg) nei muschi

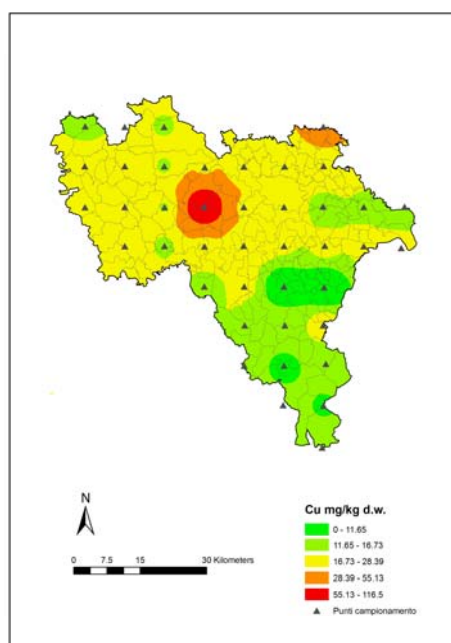


Figura 42. Distribuzione della concentrazione di Cu (mg/kg) nei muschi

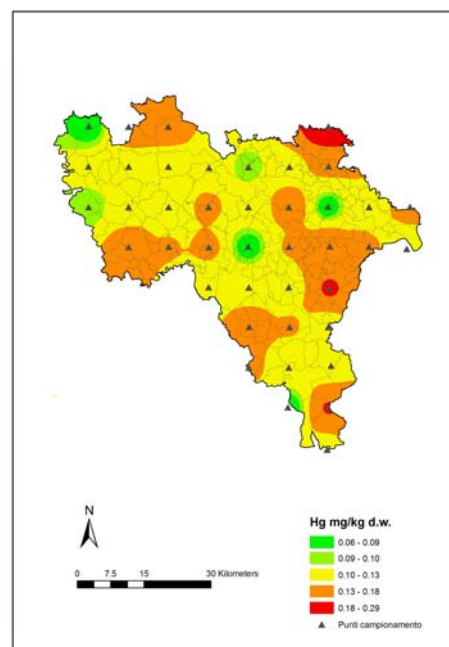


Figura 43. Distribuzione della concentrazione di Hg (mg/kg) nei muschi

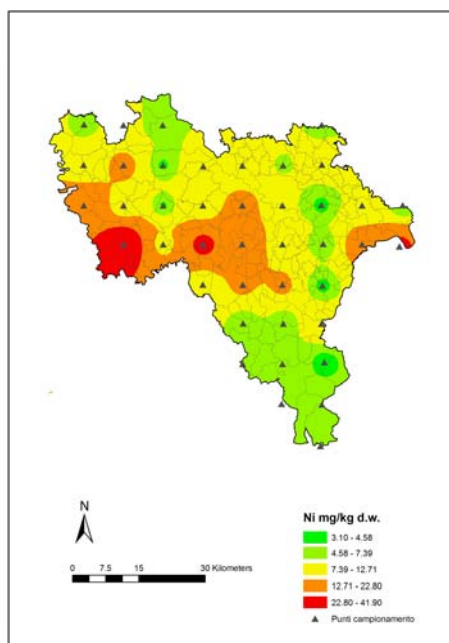


Figura 44. Distribuzione della concentrazione di Ni (mg/kg) nei muschi

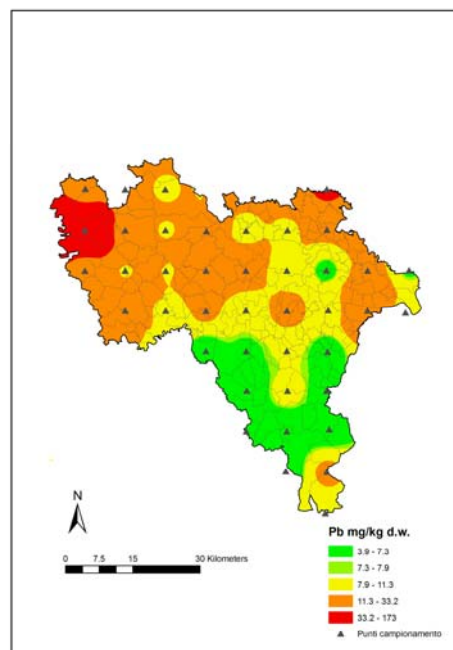


Figura 45. Distribuzione della concentrazione di Pb (mg/kg) nei muschi

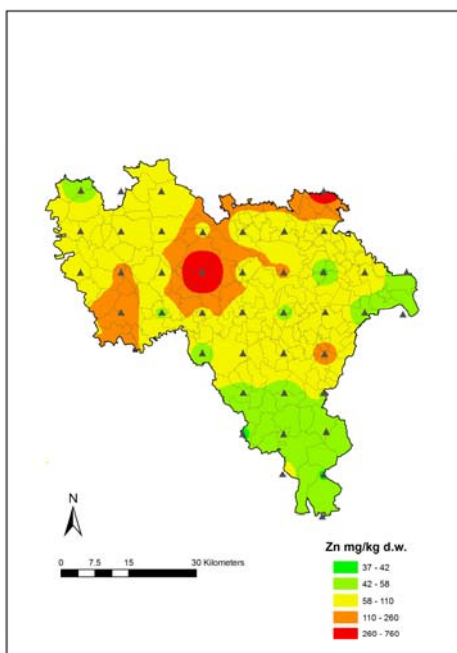


Figura 46. Distribuzione della concentrazione di Zn (mg/kg) nei muschi

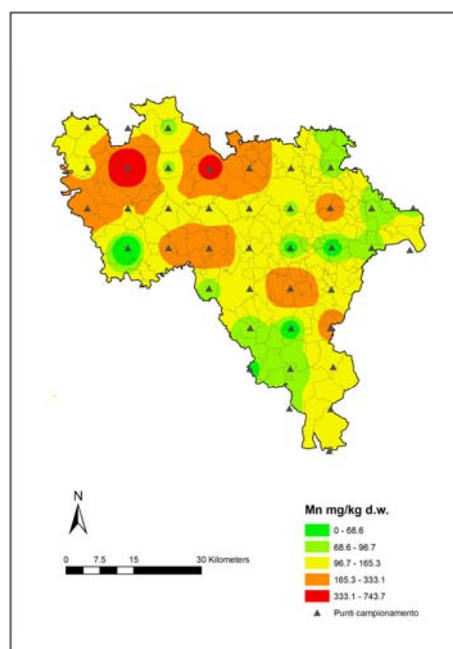


Figura 47. Distribuzione della concentrazione di Mn (mg/kg) nei muschi

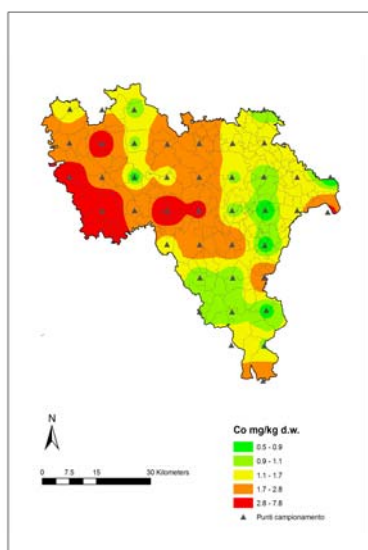


Figura 48. Distribuzione della concentrazione di Co (mg/kg) nei muschi

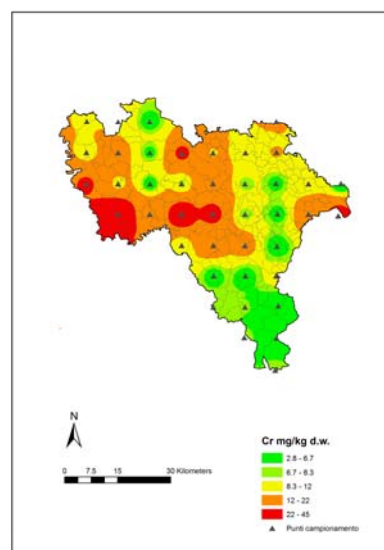


Figura 49. Distribuzione della concentrazione di Cr (mg/kg) nei muschi

Tabella 19. Valori medi di concentrazione dei muschi nei Punti Primari e Secondari (AM1, AM2), Terziari (AM3), valori di esperienze nazionali e internazionali e punti di campionamento con valori elevati

Area	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g
AM1	2,6	0,25	1,79	10,8	21,8	0,11	158	8,48	9	110
AM2	0,84	0,37	1,29	11,9	11	0,06	97	5,9	5,8	43
Pieve Porto M.	1,4	0,53		19,2	23,3	0,12		18,8	11,0	77
Giussago	5,1	0,34	2,15	11,8	16,8	0,14	438	7,96	13,3	60
Corteolona	2,3	0,47	2,01	12,1	18,9	0,14	242	10,1	12,4	75
Voghera	1,2	0,54	2,39	19,7	50,2	0,16	127	17,7	15,9	149
San Nazzaro B.	1,6	0,33	2,06	16,4	16,3	0,12	194	13,6	9,6	92
Parona	1,58	0,56	1,98	15,9	26,7	0,16	155	11,0	21,4	109
Incertezza %	18	19	14	13	10	21	7	12	12	9
<sup>(1)</sup> Parona		1,61		10	19	0,15		10	19	153
<sup>(2)</sup> M. Sibillini	0,6	0,6		4,3	6,3	0,06		4,3	6,2	60
<sup>(3)</sup> Castano P.	1,5	0,62		13	29	0,14		38	23	72
<sup>(4)</sup> Trezzo D'Adda	2,5	0,9		13	61	0,17		16,4	35,5	284
<sup>(5)</sup> Valle Aosta	1,9	0,4		36	17	0,08		31	19	99
<sup>(6)</sup> Sicilia		0,25			16,5	0,07		13,9	8,7	55
<sup>(7)</sup> Italia	0,4	0,26		3,6	9,1	0,07		3,8	9,4	48
<sup>(7)</sup> Germania	0,16	0,21		0,9	7,1	0,04		1,1	4,6	41
<sup>(7)</sup> Belgio	0,78	0,75		8,1	9,7	0,13			23,8	111
<sup>(7)</sup> Romania	1,56	0,46		8,5	21,5			3,4	14,3	79
AM1 PP2		0,69		7,6	117			8,5	23,8	760
AM1 PP6	7,4				805					
PS 17			7,8	45			1285	42		
PS 4		2,5		13,2	40			6,9	42	359

<sup>(1)</sup> Cenci, 2002; <sup>(2)</sup> Cenci *et al.*, 2001; <sup>(3)</sup> Dabergami e Cenci, 2002; <sup>(4)</sup> Cenci *et al.*, 2003; <sup>(5)</sup> Cenci *et al.*, 2004; <sup>(6)</sup> Grammatica *et al.*, in stampa; <sup>(7)</sup> Unece, 2003

### Distribuzione spaziale delle concentrazioni

La distribuzione spaziale della concentrazione degli elementi indagati nei muschi è rappresentata dalle figure 50-59. Per l'area di Giussago, i punti di campionamento sono stati quattro, non sufficienti per ottenere mappe rappresentative della distribuzione

della concentrazione. Pure per Corteolona e Pieve Porto Morone le mappe relative al Hg non sono state effettuate. Per quest'ultima località mancano anche le mappe di Co e Mn.

Come già detto in precedenza, le attività antropiche non hanno influito in modo rilevante nell'innalzare le concentrazioni sia dei suoli sia dei muschi. Le figure

50-59, rappresentative di aree industrializzate, presentano una distribuzione delle concentrazioni dei rispettivi elementi alquanto omogenea. Occorre inoltre segnalare come le ricadute dei 10 elementi, analizzati nei muschi, siano contenute e rappresentative di aree a ridotta pressione antropica.

### Platino e Rodio

L'indagine ambientale ha preso in considerazione anche la valutazione di due elementi in "ultra traccia", Pt e Rh, immessi nell'ambiente prevalentemente a seguito dell'utilizzo di marmite catalitiche, utilizzate per la riduzione di contaminanti gassosi.

Complessivamente sono stati scelti 40 campioni di muschio che erano stati in precedenza raccolti per le Azioni di Monitoraggio AM2 e AM3.

Si è cercato di evidenziare, su tutto il territorio della provincia, quelle aree a maggior traffico veicolare e a più intensa pressione antropica ed aree con un più alto livello di naturalità comprese le aree agricole.

I valori di concentrazione nei muschi sono riportati in tabella 20.

Nei punti di campionamento presi in considerazione, i valori trovati per l'elemento Rh e Pt sono risultati alquanto monotoni. Il traffico veicolare, principale fonte di introduzione dei due elementi nell'ambiente, non sembra gravare in modo significativo nell'innalzare i valori di concentrazione.

Un raffronto con esperienze nazionali di aree a ridotta pressione antropica, quali ad esempio il Parco dei Monti Sibillini, l'area della Valle D'Aosta, pone i dati trovati sullo stesso livello di entità.

Occorre ricordare che la ricaduta degli elementi indagati, Rh e Pt, avviene prevalentemente sul piano stradale e nelle immediate vicinanze, sia come ricaduta diretta dei due elementi sia come successivo dilavamento del piano stradale a seguito di eventi piovosi. Le esperienze in tal senso hanno evidenziato valori elevati a distanze di pochi metri dal bordo stradale; per distanze superiori a qualche decina di metri i valori di concentrazione si abbassano drasticamente.

Tabella 20. Punti Secondari (AM2) e Terziari (AM3) scelti, valori medi di concentrazione ( $\mu\text{g/kg}$ ) di Rh e Pt in muschi raffrontati con esperienze locali e internazionali

Località	Muschio Rh $\mu\text{g/kg}$	Muschio Pt $\mu\text{g/kg}$	Località	Muschio Rh $\mu\text{g/kg}$	Muschio Pt $\mu\text{g/kg}$
PS 01	0,1	21,1	PAR 14	1,3	12,0
PS 02	0,9	18,7	PAR 23	1,7	11,8
PS 03	0,4	16,5	PAR 35	2,7	11,9
PS 05	2,3	16,3	PAR 41	2,1	12,4
PS 06	0,3	16,1	PAR 53	2,0	11,7
PS 07	0,1	17,8	VOG 24	1,9	11,7
PS 08	0,6	17,2	VOG 32	1,2	11,9
PS 15	0,1	15,8	VOG 53	6,0	4,5
PS 17	1,2	15,9	SAN 23	7,4	3,5
PS 19	1,2	16,2	SAN 42	6,7	2,8
PS 21	0,9	3,9	SAN 64	7,0	2,1
PS 22	1,8	5,1	COR 24	6,7	2,7
PS 23	2,1	5,5	COR 42	6,9	2,2
PS 24	1,4	3,6	PIEV 11	4,3	5,5
PS 26	0,8	4,9	PIEV 33	4,4	3,7
PS 27	1,4	5,0	GIUS 11	4,9	2,2
PS 28	2,0	4,2	<sup>(1)</sup> Parco Naz.	0,8-1,4	0,3-0,9
PS 29	1,1	5,8	<sup>(2)</sup> Castano P	0,4-8	3-13
PS 30	1,0	6,1	<sup>(3)</sup> V. Aosta	0,8-3,2	4,6-50
PS 31	0,8	5,8	<sup>(4)</sup> Roma	2,9-5,3	2,7-5,1
PS 33	2,2	5,7	<sup>(5)</sup> Erba	2,5-15	17-96
PS 34	0,7	6,5	<sup>(6)</sup> A 66		
media				2,3	9,5
Min.				0,1	2,1
Max.				7,4	21,1
Incert %				18	12

<sup>(1)</sup>Cenci *et al.*, 2001; <sup>(2)</sup>Dabergami, 2002; <sup>(3)</sup>Cenci *et al.*, 2004; <sup>(4)</sup>Beccaloni *et al.*, 2004; <sup>(5)</sup>Hess *et al.*, 1998; <sup>(6)</sup>Zereini, 1997

### Rateo di deposizione

Il Rateo di Deposizione è stato calcolato utilizzando la seguente formula proposta da Rühling (1994).

$$\text{Rateo di Deposizione} = \frac{C_{EL}}{(FE) \times (T_a) \times (F_R)}$$

Dove:

$C_{EL}$  = Concentrazione dell'elemento nel muschio ( $\mu\text{g/g}$ )

FE = Fattore di efficienza per l'elemento

$T_a$  = Periodo coperto dai caulidi (anni)

$F_R$  = Fattore di Rühling =  $[\log_{10} (\text{concentrazione dell'elemento nel muschio})] = [0.59 + 1.0 \log_{10} (\text{deposizione atmosferica})] \approx 4$

Il tempo medio di crescita dei 3 cm apicali dei caulidi di muschio raccolti, è stato stimato pari a 4 anni, tale valore è in accordo con quanto consigliato da Zechmeister (1997 e 1998).

Nella tabella 21 sono riportati i valori medi del rateo di deposizione ( $\text{g ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ ) per i punti di campionamento delle Azioni AM1 e AM2 e singolarmente per le 6 aree a maggior industrializzazione (AM3) presenti sul territorio pavese. Tali valori sono inoltre raffrontati con esperienze italiane e internazionali che hanno utilizzato sia i muschi sia i raccoglitori di precipitazioni secche e umide. Tale raffronto permette una più adeguata interpretazione delle origini e delle entità delle ricadute. Per i valori riscontrati con le Azioni AM1 e 2, la situazione appare alquanto confortante, i valori dei flussi di deposizione sono alquanto contenuti per tutti gli elementi presi in considerazione, il raffronto con esperienze italiane pone i dati della intera provincia di

Pavia sullo stesso piano di aree con una spiccata vocazione agricola come la Sicilia.

Il raffronto con quanto ottenuto in nazioni europee, pone i dati di Pavia in una situazione di privilegio, in quanto nazioni con elevato senso ambientale come la Svezia presentano valori che possono essere considerati simili.

Le sei aree a maggior industrializzazione, presenti nella provincia di Pavia, non si discostano in modo significativo da quanto osservato per le Azioni AM1 e AM2. I valori di flusso ottenuti sono generalmente inferiori a quanto riscontrato in aree industrializzate italiane e in nazioni con un riconosciuto alto livello di industrializzazione quale ad esempio la Germania.

Un altro riscontro, positivo per due aspetti, viene fornito dai dati di Parona ottenuti in questo studio e raffrontati con quanto osservato nell'anno 2001 (Cenci, 2002).

Per il primo aspetto, si può constatare come tutti i dati siano simili, alcuni sovrapponibili (Ni e Pb), altri hanno subito un calo (Cd e Zn), mentre Cr e Cu incrementano il loro valore del 30-40%.

Il secondo aspetto, puramente scientifico, prende in considerazione l'utilizzo della metodica; i muschi si sono dimostrati molto affidabili avendo trovato dopo 3 anni una convergenza nei risultati, senza che avvenissero cambiamenti significativi nell'area indagata

Tabella 21. Azioni AM1, AM2 e AM3 presi area per area, i valori di deposizione ( $\text{g ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ ) sono raffrontati con esperienze nazionali ed europee

Area	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
AM1 e AM2	3,2	0,35	1,6	7,5	18,7	0,15	137	12,3	11,1	91
Pieve Porto Morone	2,7	0,55	nd	12	24,7	0,15	nd	21	8,7	109
Giussago	9,9	0,35	2	7,4	17,8	0,17	414	8,9	10,5	86
Corteolona	4,5	0,49	1,9	7,5	20	0,17	229	11,3	9,8	106
Voghera	2,3	0,56	2,3	12,3	53	0,19	120	19,7	12,5	202
San Naz dei Burgundi	3,2	0,34	1,9	10,2	17,2	0,15	184	15,1	7,6	130
Parona	3,1	0,58	1,9	9,9	28,3	0,19	147	12,3	16,9	149
Sicilia <sup>(1)</sup>	7,3	0,2		6	12,1	0,07		10,9	46	55
Parona (PV) <sup>(2)</sup>	3,3	1,7		6	20	0,2		11,3	14,8	208
Trezzo D'Adda (MI) <sup>(3)</sup>	6,6	0,9		8,1	64	0,2		18,4	28,1	386
Castano Primo (MI) <sup>(4)</sup>	3,9	0,6		8	31	0,17		42	17	98
Gorizia <sup>(5)</sup>	1,5	0,3		8	61	0,21		12	6	100
Castelporziano (RM) <sup>(6)</sup>		3,3		45,6	60			35	58,1	289
Aree industriali urbane <sup>(7)</sup>		1,4		12	25,6			14,6	25,8	
Austria <sup>(8)</sup>		2,7		6,2	100			2,1	8,5	500
Belgio <sup>(9)</sup>		7,3			73				110	440
Danimarca <sup>(10)</sup>		0,3		1,25	7,9			2,1	10,4	79,7
Germania <sup>(11)</sup>		2,5		7	52,6			11	57,2	540
Olanda <sup>(12)</sup>		0,5-2		1,2-3,8	16-38			6,1-15	33-66	73-250
Polonia <sup>(13)</sup>		2		30	40			20	100	540
Regno Unito <sup>(14)</sup>		1,9		7,5	57			16	54	221
Svezia <sup>(15)</sup>		0,75		5	15			0,5	6,25	118
Svizzera <sup>(16)</sup>		0,8		3,7	18			11	28	119

(1) Ambiti rurali, determinazioni con muschi e suoli, Cenci *et al.*, 2001. (2) Ambiti agricolo, urbano, industriale determinazioni con muschi e suoli, Cenci, 2002. (3) Ambiti agricolo, urbano, industriale determinazioni con muschi e suoli, Cenci *et al.*, 2003. (4) Ambiti agricolo, urbano, industriale determinazioni con muschi e suoli, Dabergami e Cenci, 2002. (5) Ambiti agricolo e urbano, determinazioni con muschi e suoli, Cenci *et al.*, 2001. (6)

Ambito rurale, Morselli *et al.*, 1999. (7) Ryaboshapko *et al.*, 1999. (8) Zechmeister, 1997. (9) VMM, 1996. (10) Hovmand & Kemp, 2000. (11) Müller *et al.*, 1991; (12): Severin *et al.*, 1991. (13): SFT, 1998. Westhoek *et al.*, 1997. (14) Alloway *et al.*, 1998 e 1999. (15) Swedish EPA, 1993. (16) Herter & Kuelling, 2001; Scherer *et al.*, 1998.

### Fattore di arricchimento

Il Fattore di arricchimento (FA) per ciascun metallo nei tessuti mucinali, comparato con il suolo (Zoller *et al.* 1974; Bargagli *et al.* 1994), è stato calcolato utilizzando la seguente formula:

$$FA = (X_{\text{muschio}}/Al_{\text{muschio}})/(X_{\text{suolo}}/Al_{\text{suolo}})$$

Dove:

$X_{\text{muschio}}$  (concentrazione in µg/g, dell'elemento X nei muschi);

$Al_{\text{muschio}}$  (concentrazione in µg/g, dell'Alluminio nei muschi);

$X_{\text{suolo}}$  (concentrazione in µg/g, dell'elemento X nel suolo);

$Al_{\text{suolo}}$  (concentrazione in µg/g dell'Alluminio nel suolo).

Valori uguali o superiori a 10 stanno ad indicare una origine delle ricadute imputabile a fattori antropici sia locali sia derivanti dal trasporto mediato prevalentemente dai venti. Valori inferiori a 10, le ricadute sono imputabili prevalentemente al suolo o al substrato.

I risultati ottenuti (tabelle 22 a-h) evidenziano una situazione, peraltro già descritta, di promiscuità tra industria e agricoltura con una prevalenza per quest'ultima.

Complessivamente circa il 24% del totale degli elementi ha origine antropica, occorre segnalare che la provenienza di Cd e Hg è solo in parte "locale" (Cenci *et al.*, 2003), e che questi due elementi, contribuiscono con il 66% nell'innalzare il valore medio ottenuto.

L'ordine dell'entità di origine, per gli elementi indagati, è risultato il seguente:

$Cd=Hg>Zn>Cu>Pb>Co>Ni=Co=Cr=As$ .

La posizione "elevata" del Cu è dovuta principalmente alla vocazione, di parte del territorio pavese, alla coltivazione della vite.

Tabella 22a. Fattori di Arricchimento per l'azione AM1

punto	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
pp 01	1	10	1	1	9	21	1	2	4	14
pp 02	4	101	6	6	157	77	11	11	34	360
pp 03	1	30	2	3	23	19	4	4	3	41
pp 04	1	16	2	4	11	49	3	5	11	10
pp 05	2	12	2	1	2	46	3	1	6	10
pp 06	1	16	2	1	49	23	5	2	5	11
pp 07	1	8	1	1	10	39	2	1	5	10
media	1	15	2	2	11	33	3	2	6	16
min	1	8	1	1	2	19	1	1	3	10
max	2	30	2	4	23	49	5	5	11	41
dev std	0,4	8	1	1	8	14	1	2	3	13

Tabella 22b. Fattori di Arricchimento per l'azione AM2

punto	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
ps 01	1	29	1	2	8	8	2	2	4	7
ps 02	1	28	2	2	7	18	3	3	4	8
ps 03	2	51	2	2	18	40	3	4	7	17
ps 04	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
ps 05	2	11	2	1	8	3	6	2	54	10
ps 06	4	9	2	1	5	9	6	3	7	5
ps 07	1	47	2	2	12	14	2	2	2	11
ps 08	1	7	2	2	6	8	7	2	2	4
ps 09	1	6	1	1	3	6	2	1	2	3
ps 10	1	31	2	3	15	18	2	3	7	11
ps 11	1	22	1	2	6	6	1	2	3	4
ps 12	1	4	1	1	2	9	1	1	2	4
ps 13	1	19	1	1	6	4	6	2	8	6
ps 14	1	5	1	1	7	7	1	2	3	5
ps 15	3	44	1	2	7	21	8	2	5	8
ps 16	2	30	2	1	18	63	4	3	7	23
ps 17	3	6	2	1	2	6	11	1	1	3
ps 18 (san 51)	1	11	1	1	5	14	1	2	4	5
ps 19 (san 57)	2	3	1	1	2	9	2	1	2	3
ps 20	1	7	1	1	3	7	1	1	2	4
ps 21	3	37	1	1	12	77	2	2	26	14
ps 22	2	27	1	1	18	67	2	3	10	27
ps 23	2	10	2	2	8	32	2	3	27	7
ps 24	1	10	1	1	4	9	2	1	3	5
ps 25	1	9	1	1	7	9	2	1	3	9
ps 26	7	n.d	3	2	n.d	n.d	18	5	19	64
ps 27	1	26	1	1	11	23	2	1	6	14
ps 28	2	36	1	1	16	87	2	2	23	14
ps 29	2	14	2	2	5	27	2	3	5	7
ps 30	2	12	1	1	10	72	2	1	9	10
ps 31	2	18	2	1	16	48	4	3	7	17
ps 32	2	17	2	1	5	11	3	2	3	9
ps 33	3	46	2	1	7	77	3	1	21	11
ps 34	2	24	3	2	8	20	3	3	6	8
media	2	20	2	1	8	26	3	2	9	9
min	1	3	1	1	2	3	1	1	1	3
max	7	51	3	3	18	87	18	5	54	27
dev std	1	14	1	1	5	26	3	1	11	6



Tabella 22c. Fattori di Arricchimento per l'azione AM3 (area Pieve Porto Morone)

punto	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
piev 11	0,5	8	3	10	9	4	4	9
piev 12	1	25	2	8	9	2	4	5
piev 13	1	20	1	4	20	1	4	7
piev 21	1	16	1	16	67	2	17	14
piev 22	2	31	1	12	19	1	17	24
piev 23	1	6	1	5	26	1	3	8
piev 31	1	7	1	4	13	1	1	6
piev 32	1	28	1	5	n.d.	1	1	8
piev 33	1	34	1	14	31	2	19	17
media	1	19	1	9	24	2	8	11
min	0,5	6	1	4	9	1	1	5
max	2	34	3	16	67	4	19	24
dev std	0,5	11	1	5	19	1	7	6

Tabella 22d. Fattori di Arricchimento per l'azione AM3 (area Giussago)

punto	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
gius 11	1	3	1	1	2	2	1	1	2	2
gius 12	1	19	1	2	7	19	5	2	2	8
gius 31	1	4	1	1	4	5	10	2	2	3
gius 33	1	6	1	2	4	8	5	2	2	4
media	1	8	1	2	4	8	5	2	2	4
min	1	3	1	1	2	2	1	1	2	2
max	1	19	1	2	7	19	10	2	2	8
dev std	0,4	7	0	0	2	7	4	1	0	3

Tabella 22e. Fattori di Arricchimento per l'azione AM3 (area Corteolona)

punto	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
cor 11	1	117	2	3	32	25	2	4	7	33
cor 13	1	11	1	1	4	7	2	2	2	5
cor 15	1	19	1	1	9	20	4	1	6	10
cor 22	1	27	1	2	11	27	5	3	4	13
cor 23	1	19	1	1	4	26	2	1	1	3
cor 24	1	39	2	1	10	23	3	2	10	9
cor 25	2	14	1	1	9	36	2	3	5	13
cor 31	1	21	2	2	12	43	4	3	4	10
cor 32	1	3	1	1	3	5	6	2	2	3
cor 33	1	7	1	2	4	9	2	4	12	6
cor 34	2	6	2	1	5	10	2	2	3	4
cor 35 (PP4)	1	16	2	4	11	49	3	5	11	10
cor 41	1	57	2	4	15	17	3	5	8	20
cor 42	1	109	2	3	11	20	6	3	6	11
cor 43	2	11	2	1	3	5	2	2	4	4
cor 44	1	7	1	2	3	8	4	3	3	6
cor 45	1	5	1	1	2	5	1	1	1	3
cor 51	1	18	1	1	4	18	2	1	5	23
cor 53	1	11	1	2	9	31	6	3	8	9
cor 55	1	11	1	1	4	15	2	1	2	5
media	1	26	1	2	8	20	3	3	5	10
min	1	3	1	1	2	5	1	1	1	3
max	2	117	2	4	32	49	6	5	12	33
dev std	0,3	32	0	1	7	13	2	1	3	8



Tabella 22f. Fattori di Arricchimento per l'azione AM3 (area Voghera)

punto	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
vog 11 (san 77)	1	17	1	1	10	71	2	1	11	14
vog 12	1	97	1	1	25	111	3	1	19	105
vog 13	1	7	1	1	3	44	1	1	3	6
vog 14	2	15	1	2	5	10	2	2	11	9
vog 15	1	12	1	1	6	25	1	1	18	10
vog 21	1	3	1	1	4	n.d.	2	1	3	5
vog 22	1	9	1	1	4	37	1	1	4	7
vog 23	1	14	1	1	9	70	2	2	17	12
vog 24	1	15	1	1	7	34	1	1	9	7
vog 25	1	14	1	1	6	61	2	2	8	8
vog 31	1	2	1	1	2	10	2	1	3	4
vog 32	1	35	2	1	8	60	2	2	12	16
vog 33	1	10	1	1	7	44	2	1	13	18
vog 34	2	27	1	1	16	154	2	1	11	29
vog 35	1	2	1	1	1	n.d.	1	1	2	2
vog 41	1	20	1	1	4	38	1	1	5	21
vog 42	1	99	2	1	27	183	3	2	12	46
vog 43	2	32	2	2	9	39	3	3	9	13
vog 44	1	9	2	1	11	9	1	2	6	7
vog 45	3	116	5	2	22	85	4	3	113	54
vog 51 (PP2)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
vog 52		56	1	2	14	109	1	1	29	25
vog 53	1	14	1	1	9	48	2	1	8	9
vog 54	1	48	1	1	3	15	1	1	12	52
vog 55	1	25	1	1	19	51	2	1	9	17
media	1	29	1	1	10	60	2	1	14	21
min	1	2	1	1	1	9	1	1	2	2
max	3	116	5	2	27	183	4	3	113	105
dev std	0,5	32	1	0	7	46	1	1	22	23

Tabella 22g. Fattori di Arricchimento per l'azione AM3 (area Sannazzaro dei Burgundi)

punto	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
san 11	4	6	2	1	4	13	11	2	2	6
san 13	2	20	2	2	10	24	6	3	4	10
san 15	2	11	2	2	15	25	11	4	11	11
san 17	2	16	2	1	10	20	2	3	4	15
san 22	1	17	1	2	15	51	4	2	7	10
san 23	2	76	2	2	13	48	4	3	7	12
san 24	1	46	1	2	12	38	4	2	11	19
san 25	3	14	2	1	6	30		2	2	8
san 26	1	20	1	2	11	38	2	3	5	9
san 31	1	12	2	2	5	20	3	2	3	6
san 32	2	12	2	2	6	84	9	2	6	8
san 33	2	14	2	2	8	16	7	3	4	12
san 34	2	17	1	1	5	2	7	1	2	6
san 35	3	20	2	1	5	10	6	2	3	7
san 36	2	52	2	4	12	41	4	4	3	18
san 37	2	14	2	2	4	4	4	2	2	7
san 42	1	81	2	3	19	68	2	6	15	43
san 43	3	17	2	4	9	32	2	6	7	28
san 44	1	51	2	3	10	5	3	4	3	16
san 45	1	17	2	3	8	16	1	5	12	50
san 46	2	6	1	1	2	7	2	1	2	3
san 51 (18 ps)	1	15	1	1	5	15	1	2	4	5
san 52	1	12	1	0	5	20	1	1	3	5
san 53	2	9	1	1	6	15	3	2	3	6
san 54	2	26	1	1	6	14	5	2	2	6
san 55	1	39	1	2	7	12	2	2	8	47
san 56	1	4	1	1	2	9	1	1	2	4
san 57 (19 ps)	2	2	1	1	2	9	2	1	2	3
san 62	1	4	1	1	7	32	5	2	4	8
san 63	2	5	1	1	4		3	1	2	5
san 64	1	10	1	1	4	19	2	1	3	6
san 65	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
san 66	1	17	1	1	5	16	2	1	4	8
san 71	1	28	2	2	10	42	2	4	12	22
san 73	2	47	2	2	6	23	3	2	6	10
san 74	3	27	2	1	8	34	3	2	8	9
san 75	2	7	1	1	6	14	2	1	9	10
san 77 (vog 11)	1	17	1	1	10	64	2	1	11	14
media	2	22	2	2	8	26	4	2	5	13
min	1	2	1	0,4	2	2	1	1	2	3
max	4	81	2	4	19	84	11	6	15	50
dev std	1	19	0,4	1	4	19	3	1	4	12

Tabella 22h. Fattori di Arricchimento per l'azione AM3 (area Parona)

punto	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
par 11	1	8	2	3	5	4	3	2	16	8
par 12	1	11	2	3	8	13	2	5	5	4
par 13	1	59	2	2	19	39	13	2	4	19
par 14	1	34	2	1	15	17	3	3	9	13
par 15	1	8	1	3	4	4	1	2	3	5
par 21	1	14	2	2	5	12	2	2	3	5
par 22	6	30	2	3	20	35	5	3	8	22
par 23	1	3	2	1	7	2	2	1	3	2
par 24	1	20	1	2	10	22	4	2	4	10
par 25	1	80	2	2	15	23	3	3	12	20
par 31	1	12	2	2	7	10	2	2	5	32
par 32	1	4	1	1	4	7	3	2	3	5
par 33	1	21	2	1	6	11	2	2	4	4
par 34	1	8	1	2	6	2	3	2	7	4
par 35	2	8	1	1	4	15	6	2	3	6
par 41	1	10	1	2	14	4	2	2	6	17
par 42	1	12	1	1	11	5	2	2	3	10
par 43	1	44	2	1	16	16	4	2	9	13
par 44	2	14	2	2	5	2	3	2	2	22
par 45	1	75	1	2	10	45	4	2	6	17
par 51	1	13	2	2	5	1	2	2	3	6
par 52	1	15	2	2	4	15	2	3	4	5
par 53	1	15	1	2	8	6	1	2	7	12
par 54	1	8	1	1	3	3	3	1	3	4
par 55*	5	5	4	1	12		9	2	4	18
media	1	22	2	2	9	13	3	2	5	11
min	1	3	1	1	3	1	1	1	2	2
max	6	80	2	3	20	45	13	5	16	32
dev std	1	22	0,4	1	5	12	2	1	3	8

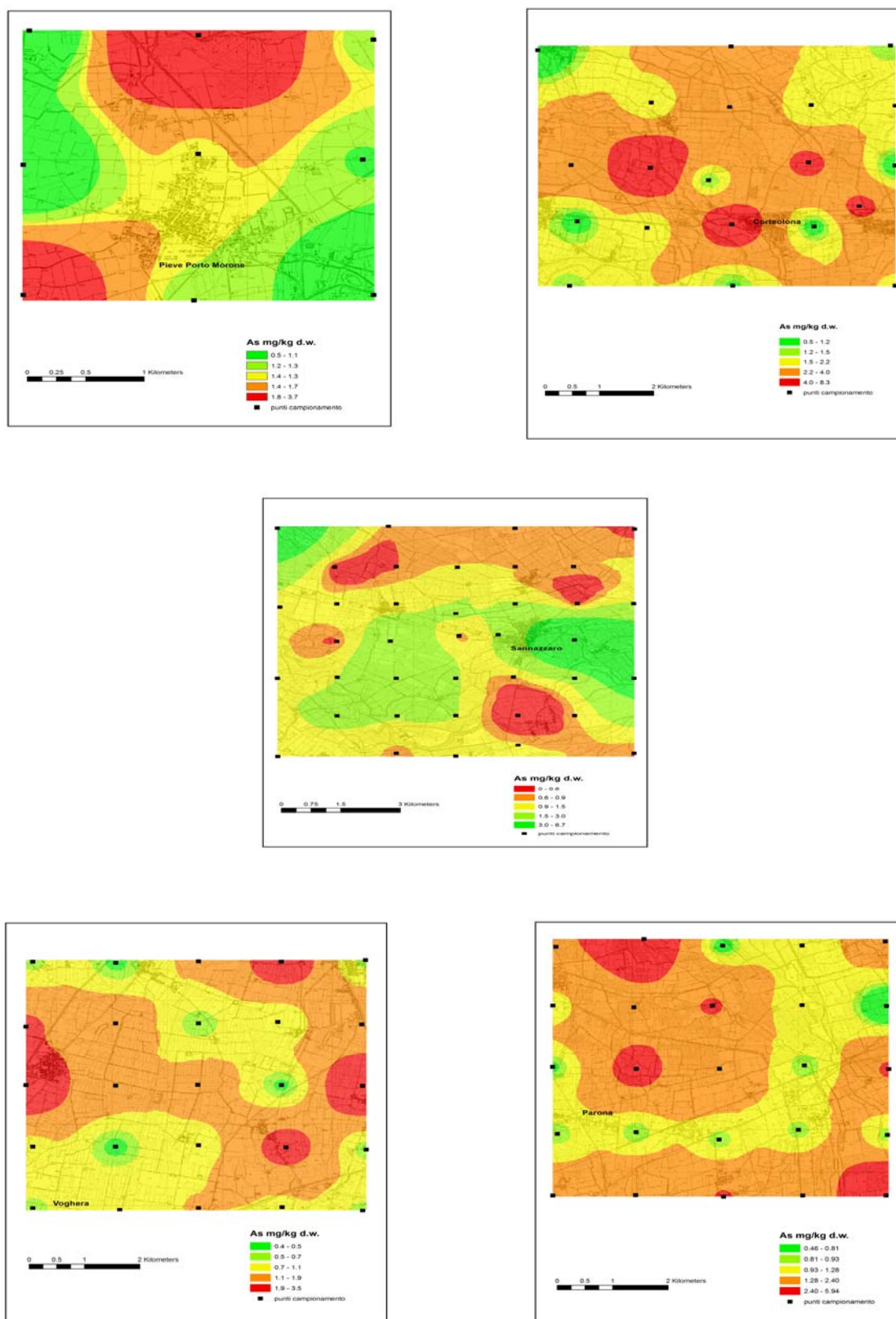


Figura 50. Distribuzione della concentrazione di As (mg/kg) nei muschi nelle zone AM3

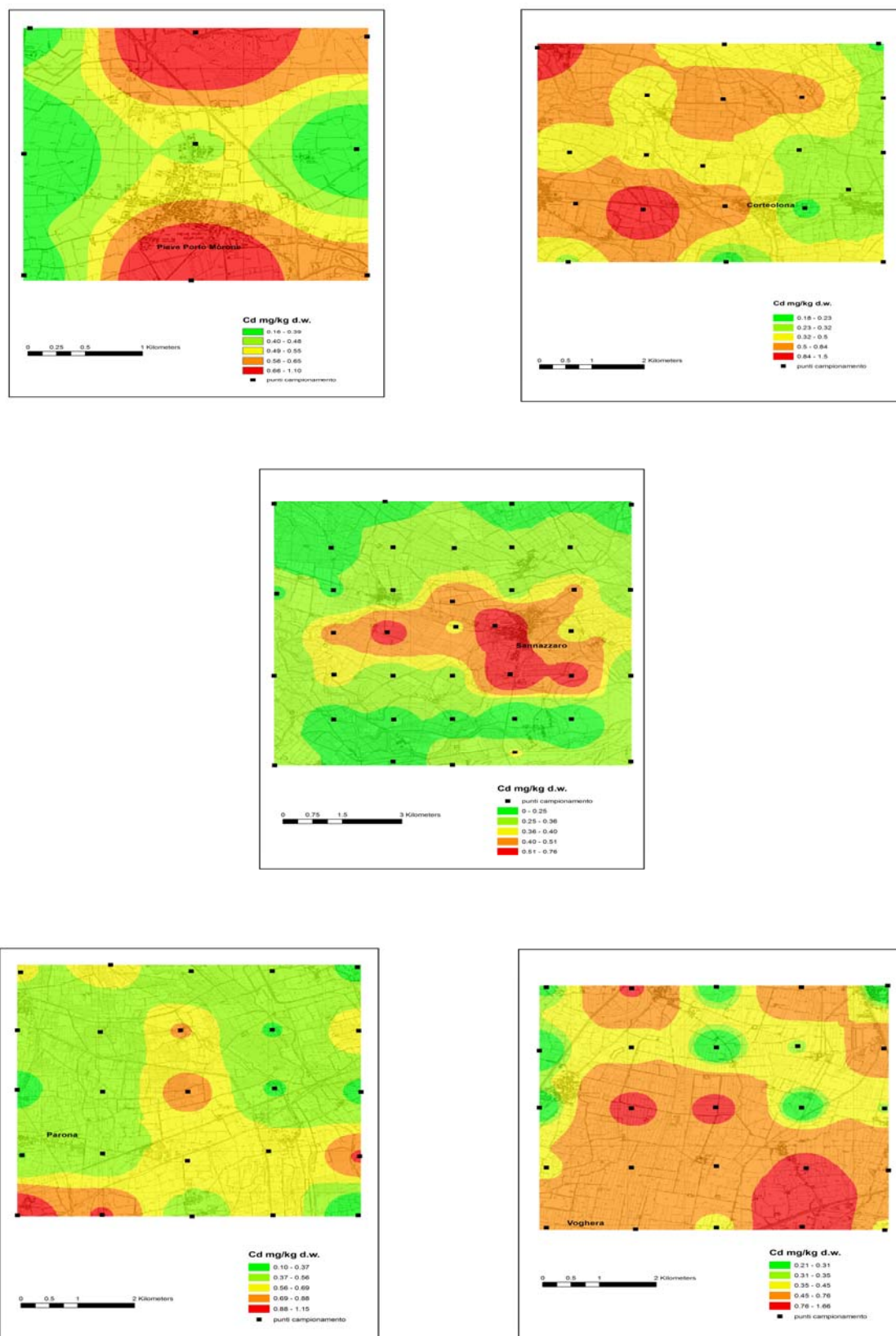


Figura 51. Distribuzione della concentrazione di Cd (mg/kg) nei muschi nelle zone AM3

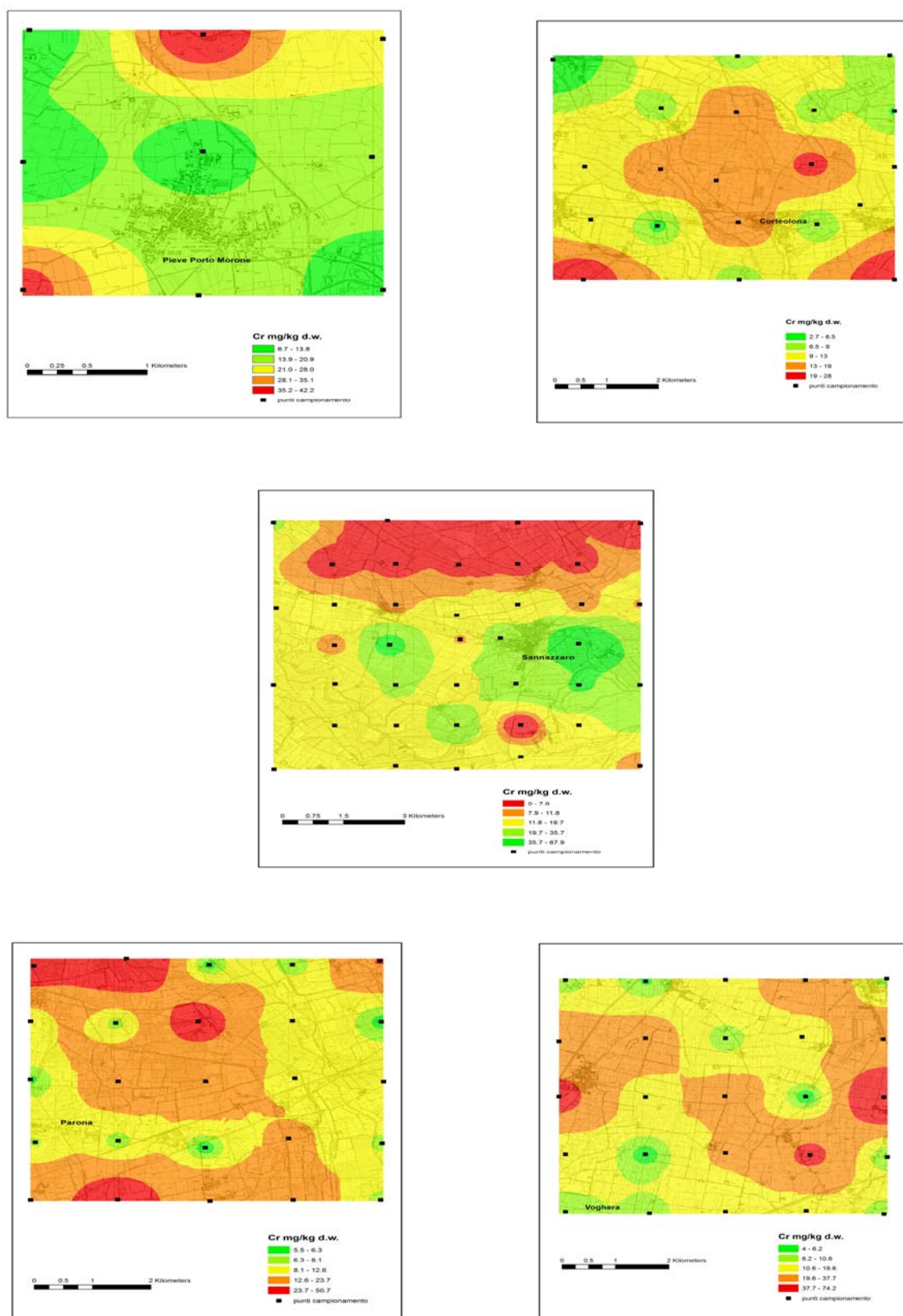


Figura 52. Distribuzione della concentrazione di Cr (mg/kg) nei muschi nelle zone AM3



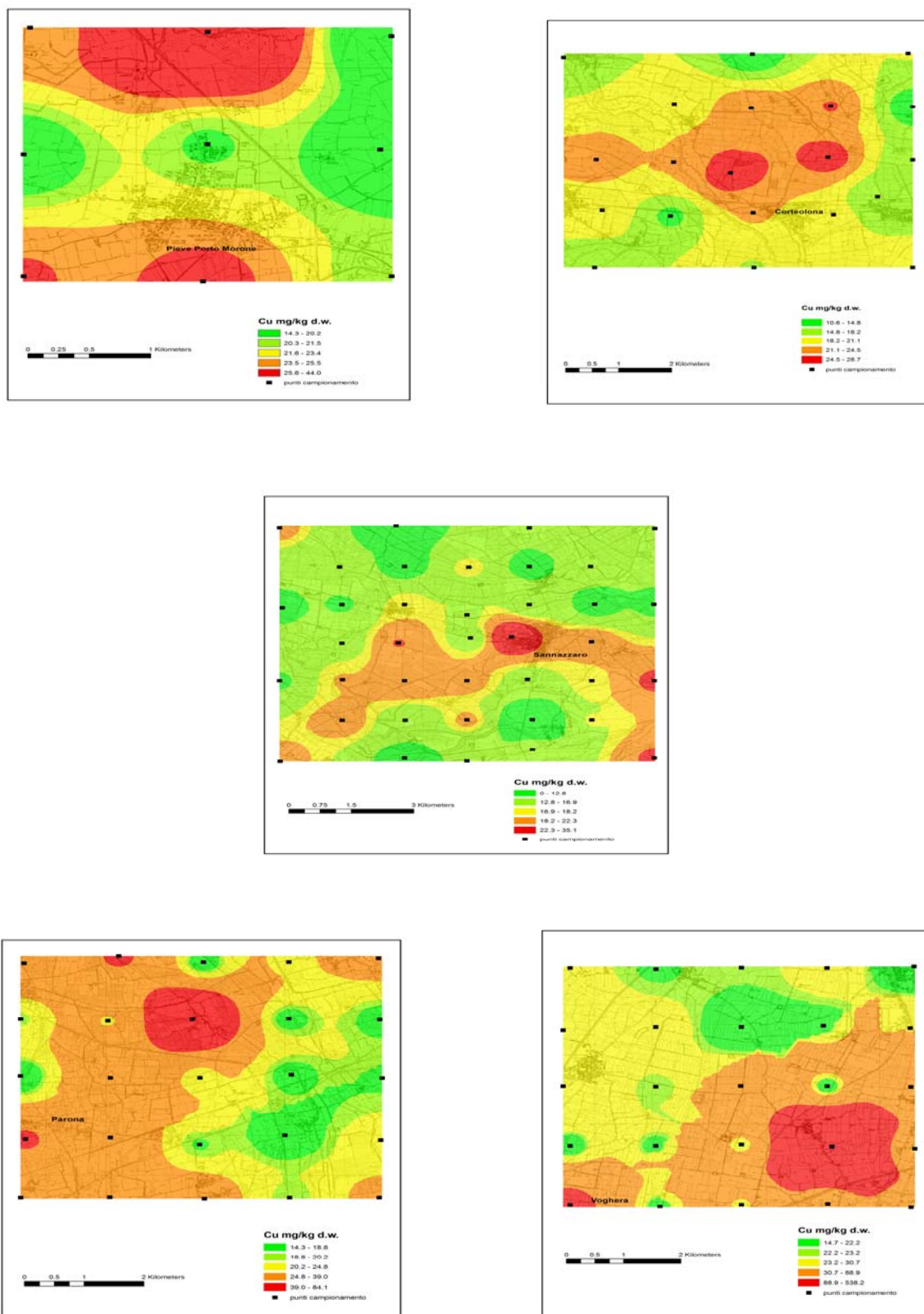


Figura 53. Distribuzione della concentrazione di Cu (mg/kg) nei muschi nelle zone AM3

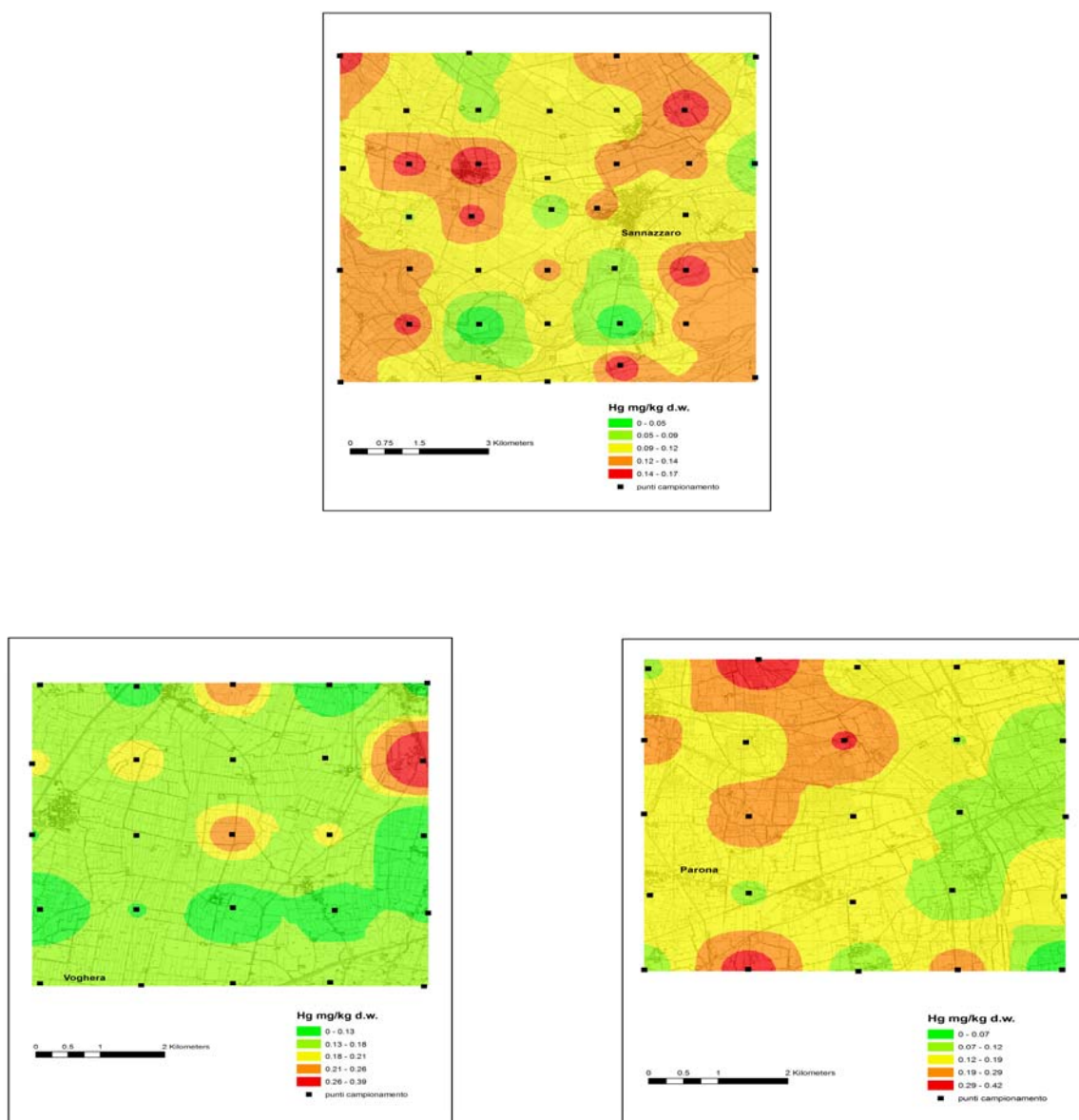


Figura 54. Distribuzione della concentrazione di Hg (mg/kg) nei muschi nelle zone AM3



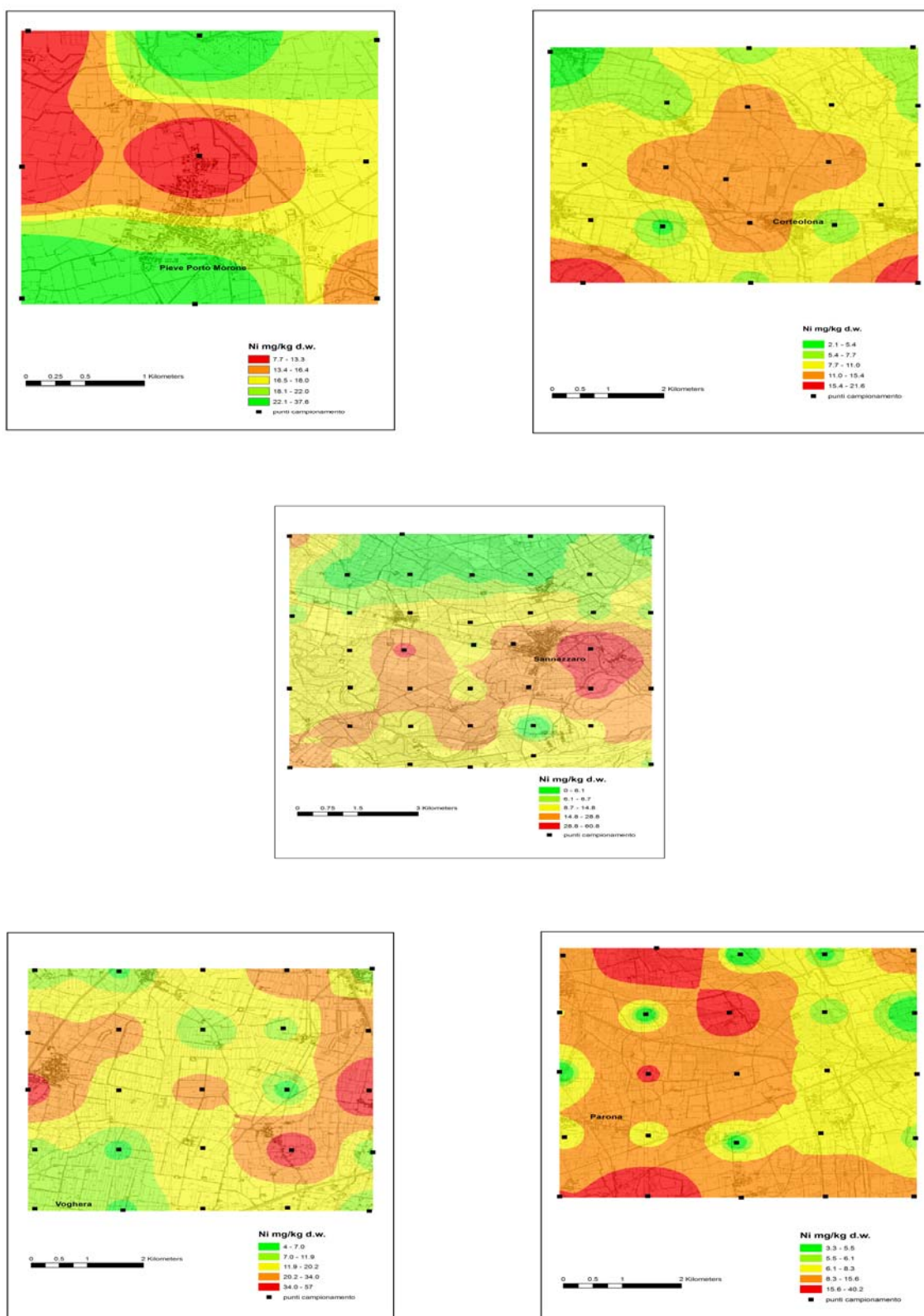


Figura 55. Distribuzione della concentrazione di Ni (mg/kg) nei muschi nelle zone AM3

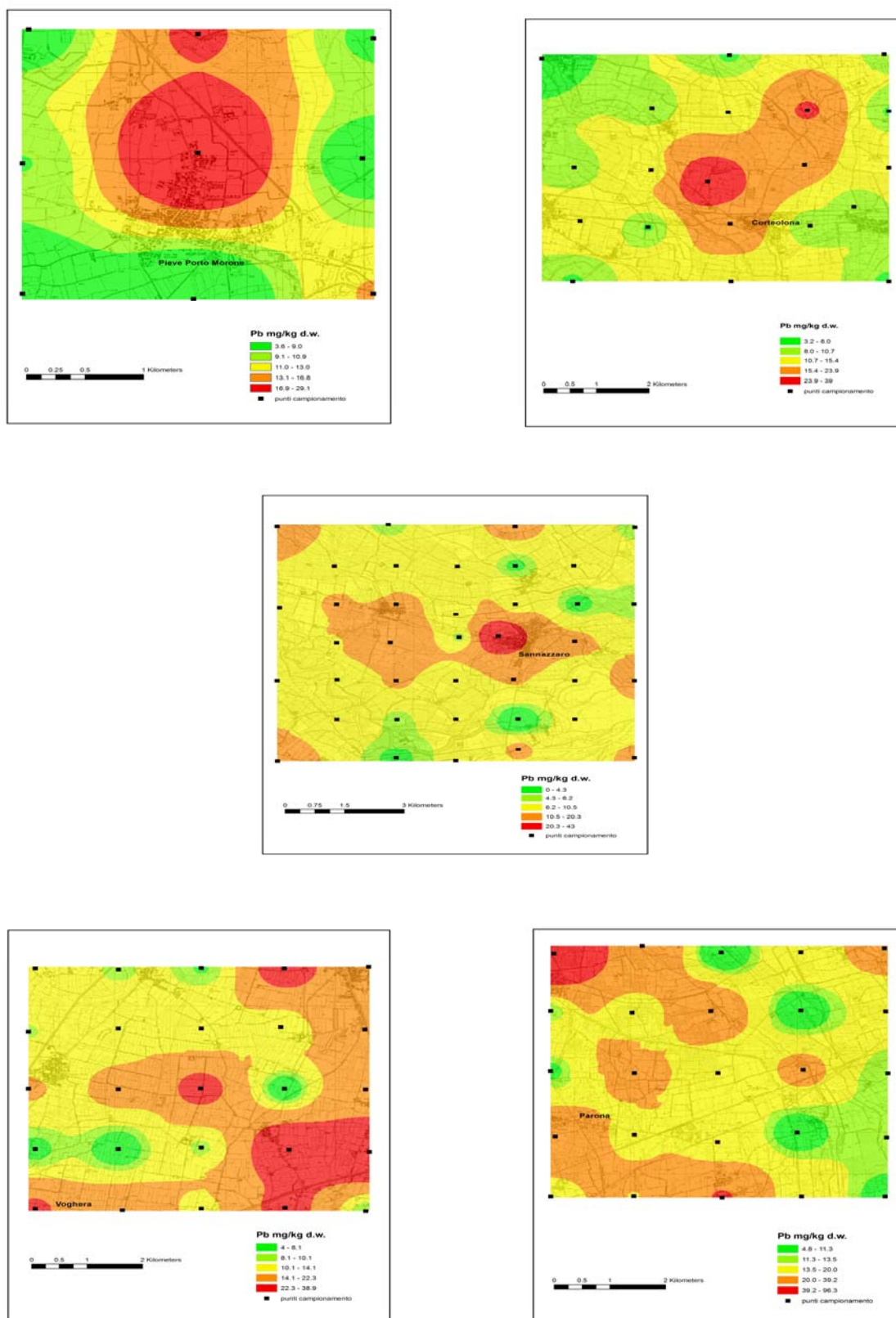


Figura 56. Distribuzione della concentrazione di Pb (mg/kg) nei muschi nelle zone AM3

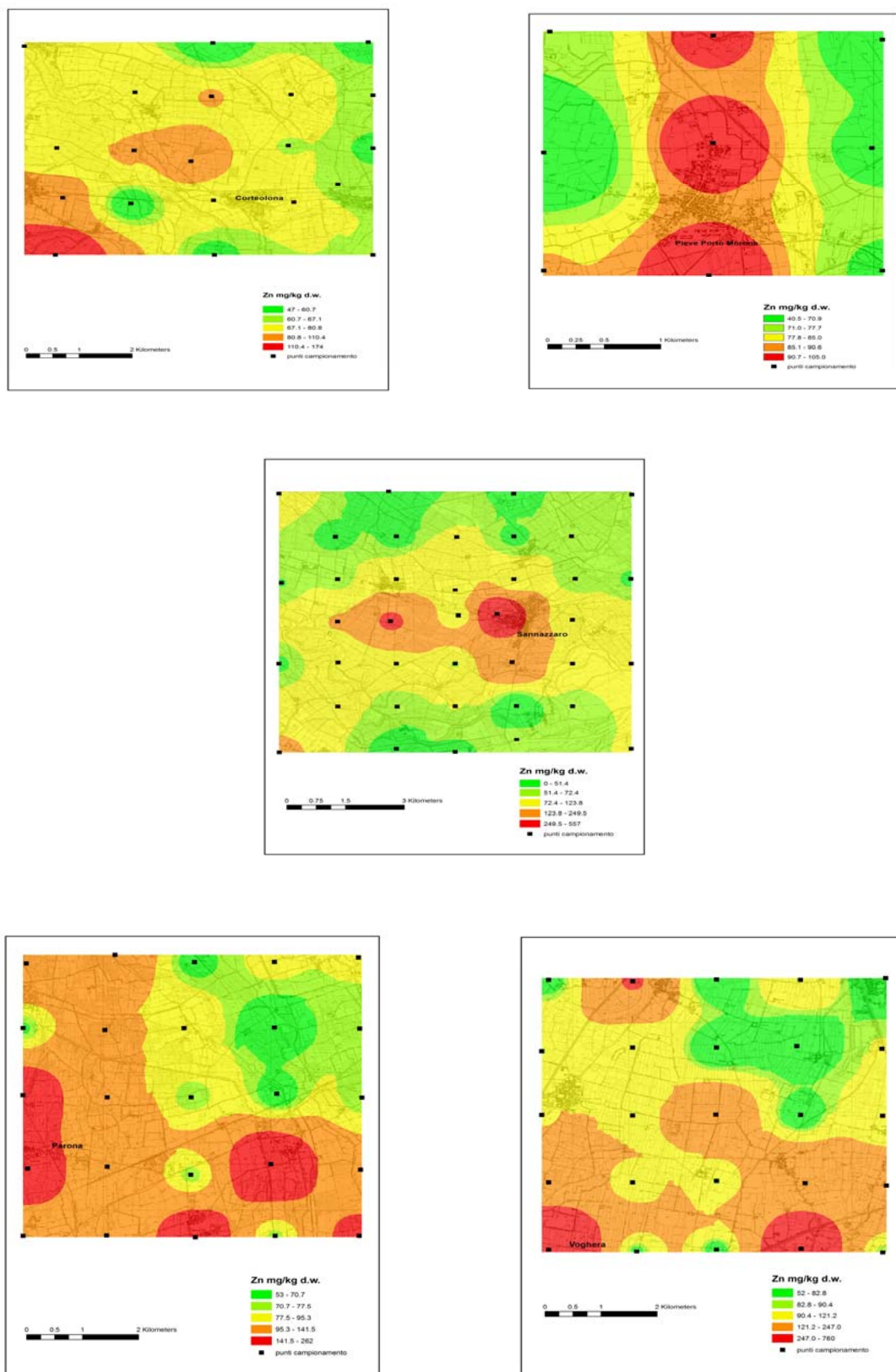


Figura 57. Distribuzione della concentrazione di Zn (mg/kg) nei muschi nelle zone AM3



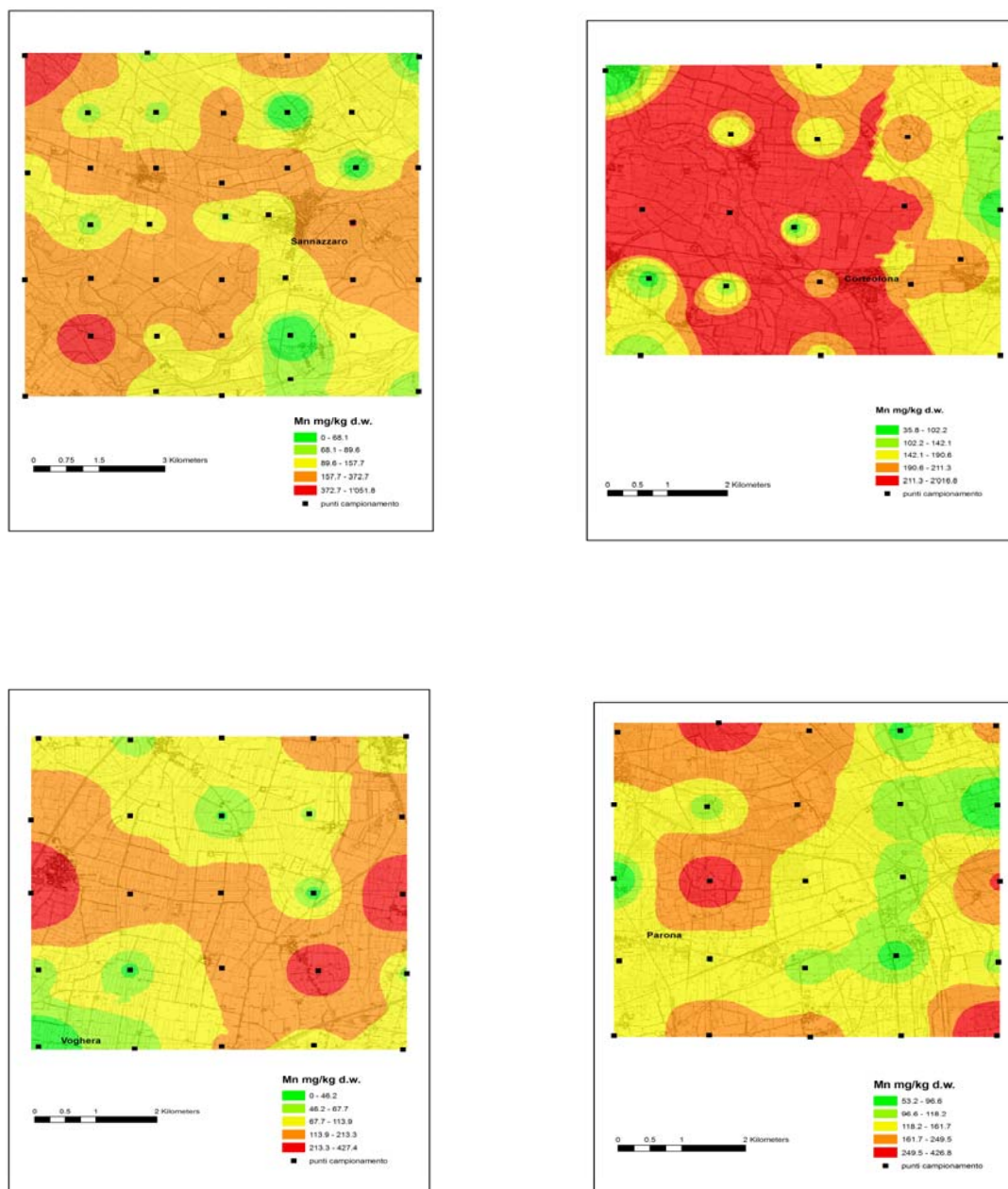


Figura 58. Distribuzione della concentrazione di Mn (mg/kg) nei muschi nelle zone AM3

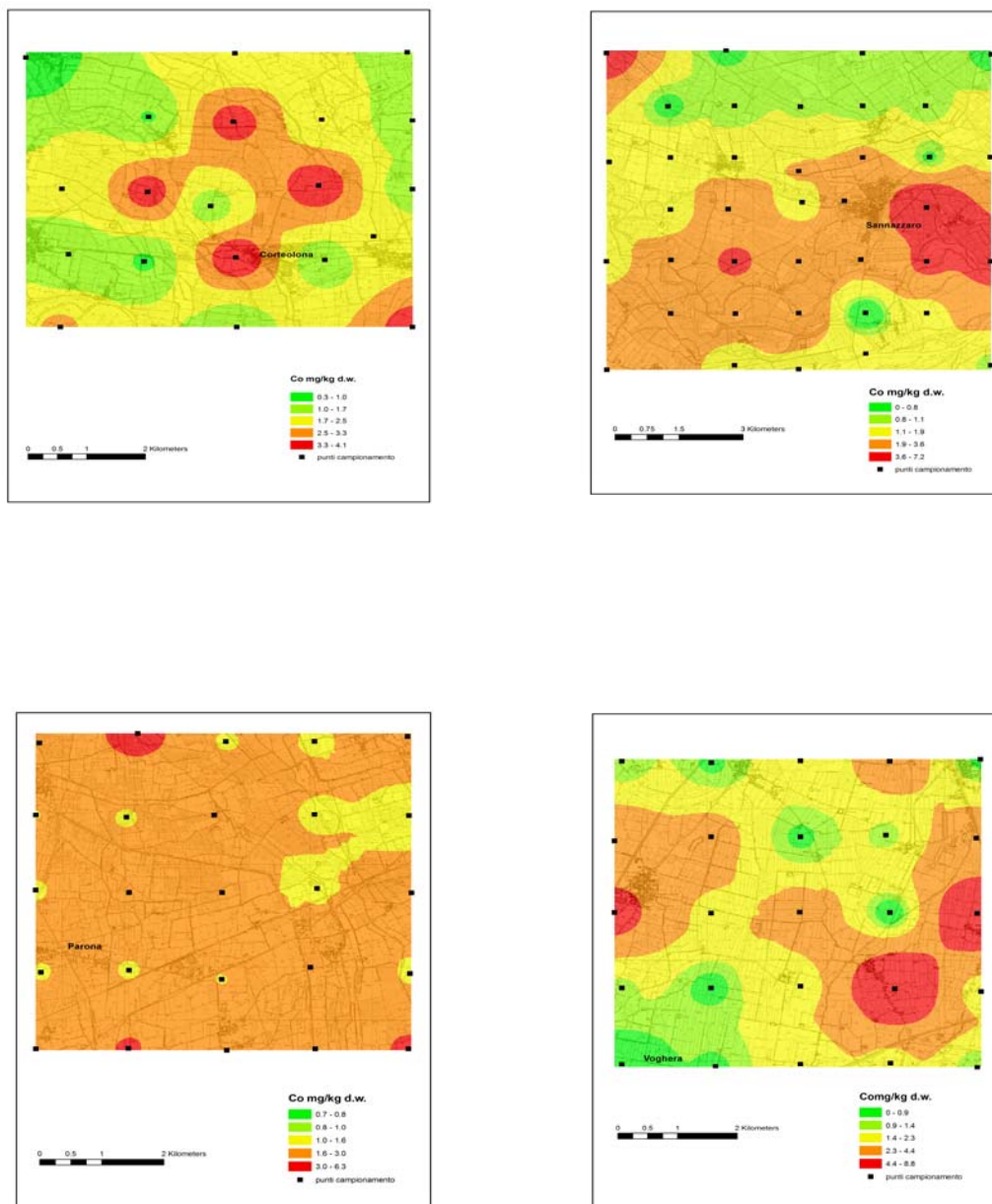


Figura 59. Distribuzione della concentrazione di Co (mg/kg) nei muschi nelle zone AM3

## CONCLUSIONI

L'anno 2004 è stato l'anno "zero" per il suolo pavese. Ha posto una pietra miliare nel panorama del monitoraggio ambientale e ha fornito uno schedario completo di informazioni bio-chimico-fisiche relative ai suoli della Provincia di Pavia.

Il suolo è stato monitorato utilizzando metodiche standard per la identificazione dei siti, per la raccolta, il trattamento e analisi dei campioni. Sono stati presi in considerazione i differenti aspetti del suolo; aspetti chimici, quali ad esempio metalli pesanti, diossine e furani, carbonio organico. Aspetti fisici come la tessitura, il contenuto d'acqua, il profilo del suolo; aspetti biologici quali i batteri con i loro prodotti. Per una più ampia lettura atta a valutare la qualità e quindi lo stato di salute dei suoli sono stati utilizzati bioindicatori vegetali quali i muschi che hanno permesso di stimare i flussi al suolo di metalli pesanti e la loro origine.

I valori di concentrazione riscontrati sia per i metalli pesanti sia per le diossine e furani sono sovrapponibili a quanto si riscontra in aree a ridotta pressione antropica e le attività umane, quali l'agricoltura e l'industria, non hanno influito nell'innalzare i valori nei suoli stessi.

In relazione alla fertilità dei suoli, non si osserva un impoverimento dei nutrienti, i valori della sostanza organica sono da ritenersi buoni. Un'eccezione è rappresentata dal Punto Secondario 4, in cui i valori di concentrazione dei metalli pesanti e delle diossine e furani sono risultati elevati. Ciò è stato confermato anche nella seconda indagine. Un opportuno approfondimento di studio per valutare l'estensione ed il livello dell'area contaminata è stato intrapreso, ed i dati

saranno disponibili nel corso dei primi mesi dell'anno 2007.

In merito alla "naturalità" dei suoli, e alla valutazione del livello pre-industriale, questo ultimo appare difficile da stimare. Risulta invece evidente l'apporto crostale indotto dai sedimenti "storici", veicolati dal fiume Po, che hanno influenzato i suoli stessi e il loro contenuto di elementi metallici quali ad esempio Cr e Ni, dove le concentrazioni, in sporadici casi e nelle immediate vicinanze dell'alveo fluviale, superano di poco i limiti tabellari nazionali.

Le ricadute al suolo di metalli pesanti, sia di origine antropica sia crostale, sono state valutate mediante l'utilizzo di muschi quali bioindicatori, esse non rivestono grande importanza nell'innalzare i valori di concentrazione nei suoli. Tali ricadute, se raffrontate con risultati ottenuti in altre aree, appaiono sovrapponibili a quelle di aree agricole e sono significativamente più ridotte di aree urbanizzate con la presenza di attività industriali e agricole.

In conclusione due osservazioni di primaria importanza appaiono doverose e devono essere evidenziate.

La prima osservazione riguarda l'importanza del monitoraggio, di come è stato impostato e dei risultati ottenuti; tali aspetti hanno posto delle solide fondamenta per ulteriori sviluppi e indagini che si vorranno effettuare in futuro.

La seconda osservazione riguarda la qualità e la salute del suolo, esse appaiono complessivamente buone ad indicare che nei tempi presenti e passati il territorio è stato ed è in larga parte rispettato e ben gestito.



## Bibliografia

- R. Alieri, A. Gariboldi, M. Fasola. (1986). *Gli aironi nel Parco del Ticino. Piano di Settore Fauna del Parco Lombardo Valle del Ticino. Dipartimento di Biologia Animale, Università di Pavia*, 33 pp.
- B. J. Alloway, P. Zhang, C. Mott, B.J. Chambers, F.A. Nicholsons, S. Smith, C. Carlton-Smith, A.J. Andrews. (1998). *Atmospheric deposition of metals in rural areas of England and Wales. Final Report for MAFF, project SP0127*.
- B. J. Alloway, P. Zhang, C. J. B. Mott, F. A. Nicholsons, B. J. Chambers, S. Smith, C. Carlton-Smith. (1999). *Atmospheric deposition of heavy metals onto agricultural land in England and Wales. Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements, Vienna*.
- ARPA Pavia. *Livello di concentrazione in suoli pavesi. Comunicazione personale*.
- R. Bargagli, E. Battisti, E. Cardatoli, P. Formichi, L. Nelli. (1994). *La deposizione atmosferica di elementi in tracce in Italia. Prime rilevazioni mediante muschi. Inquinamento. 2. 45-58 pp.*
- E. Beccaloni, R.M. Cenci, D. Dabergami, L. Musmeci, E. Stacul e G. Ziemacki. (2004). *Contaminanti di inorganici di recente introduzione in suoli urbani: i parchi della città di Roma. Bollettino della Società Italiana della Scienza del Suolo. 53: 483-488 pp.*
- R. M. Cenci. (1999). *L'utilizzo di muschi indigeni e trapiantati per valutare in micro e macro aree le ricadute al suolo di elementi in tracce: proposte metodologiche. Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente. Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale. Serie Atti 2/1999. 241-263 pp.*
- R. M. Cenci, M. Aleffi, F. Leva, P. R. Trincherini, C. Corace, S. Di Nicolantonio e M. C. Allegrini. (2001). *Parco Nazionale dei Monti Sibillini: suoli e muschi indigeni per valutare le ricadute di elementi in tracce. EUR Report 19750 IT. 24 pp.*
- R. M. Cenci, F. Leva, F. Fornasier, P. Cantone, D. Dabergami, F. Sena, G. Menchini, P. Matcovich. (2001). *Valutazione delle ricadute di elementi in tracce nella provincia di Gorizia mediante l'utilizzo di suoli e muschi. Inquinamento. Anno XLIII. 33: 44-51 pp.*
- R. M. Cenci, P. R. Trincherini, F. Leva, F. Galanti. (2001). *Distribuzione di metalli pesanti in suoli e muschi della Sicilia. Convegno del cinquantenario SISS (1952-2001), "L'Emergenza Suolo", Erice 16-22 maggio 2001*.
- R. M. Cenci. (2002). *Studio di monitoraggio ambientale dell'area del comune di Parona (PV). Editorial board: R. M. Cenci, G. Lodigiani. EUR 20260IT. 1: 72 pp.*
- R. M. Cenci, G. M. Beone, D. Dabergami, P. Nappi, R. Barberis, A. Besozzi, L. Musmeci. (2003). *Utilizzo di muschi e suoli per valutare le deposizioni atmosferiche di elementi in tracce nella regione Piemonte. Biologi Italiani. XXXIII. 1, 61-72 pp.*
- R. M. Cenci, M. Bianchi, E. Gaddi. (2003). *Evoluzione temporale della sedimentazione di elementi inorganici nei piccoli laghi interni al centro Comune di Ricerca di Ispra (VA). EUR 20994 IT. 44 pp.*
- R. M. Cenci, M. Barbiere, G. Bidoglio, F. Bo, C. Corace, V. Cocheo, S. Contini, D. Dabergami, F. D'Alberti, M. D'Alessandro, E. De Saeger, S. Di Nicolantonio, L. Leita, G. Locoro, F. Leva, C. Mondini, B. Paracchini, F. Sena, H. Skejo-Andresen, S. Stella, P. R. Trincherini e G. Umlauf. (2003). *Monitoraggio ambientale antecedente l'entrata in funzione di un termodistruttore. (CD). EUR 20674 IT.*
- R. M. Cenci, R. Ferrarese, P. R. Trincherini, D. Dabergami e M. Zublena. (2004). *Platini, Palladio, Rodio ed elementi in tracce in suoli e muschi della Valle D'Aosta. Bollettino della Società Italiana della Scienza del Suolo. 53: 512-518 pp.*
- R. M. Cenci, C. Barbante, M. Bianchi, J. Lintelmann, C. Capodoglio, G. Cattaneo e M. Zavettore. (2004). *Transetti autostradali: elementi in traccia e contaminanti organici (IPA) valutati mediante muschi e suoli superficiali. Convegno nazionale SISS. Suolo e dinamiche ambientali. Università degli Studi della Tuscia, Viterbo 22-25 Giugno 2004*.
- R.M. Cenci, G. Lodigiani, A. Benedetti, G.M. Beone, F. Bouraoui, A. Brangi, S. Brenna, C. Carlon, M. Casale, N. Filippi, W. Gaulio, L. Musmeci, L. Pompili, M. Privitera, M. Puglisi, F. Sena, G. Umlauf. (2006). *Il suolo della Provincia di Pavia. Valutazione della concentrazione di composti organici e inorganici persistenti*

attraverso lo sviluppo di una rete di monitoraggio del suolo. EUR 22132 IT. ISBN 10-92-894-8619-8. 128 pp.

D. Dabergami e R. M. Cenci. 2002. Secondo anno di indagini sul territorio di Castano Primo: Esperienze con Suoli Muschi e Acque. EUR 20380 IT. 61 pp.

ERSAF. Livello di concentrazione in suoli pavesi. Comunicazione personale.

D. Furlanetto. (1999). Atlante della biodiversità nel Parco Ticino. Edinodo Como-Milano, 311 pp.

P. Gramatica, F. Battaini, E. Giani, E. Papa, R.J.A. Jones, D. Preatoni, R.M. Cenci. (2006). Analysis of mosses and soils for quantifying heavy metal concentrations in sicily: a multivariate and spatial analytical approach. ESPR Environ. Sci. Pollut. Res. 13 (1); 28-36 pp.

T. Hees, B. Wenclawiak, S. Lusting, P. Schramel, M. schwarzer, M. Schuster, D. Verstraete, R. Dams, E. Helmers. (1998). Distribution of platinum group elements (Pt, Pd, Rh) in environmental and clinical matrices. Composition, analytical techniques and scientific outlook. Environ. Sci. Pollut. Res. 5 (2). 105-111 pp.

U. Herter, D. Kuelling. (2001). Risikoanalyse zur Abfalldüngerverwertung in der Landwirtschaft. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau.

W. Horwitz, R. Albert. (1997). The concept of uncertainty as applied to chemical measurements. Analyst. 122-6, 615-618 pp.

M. Hovmand, K. Kemp. (2000). Atmospheric deposition of heavy metals in Denmark in 1999. Ministry of Environment and Energy, The National Environmental Research Institute. Report no. 331. (Tungmetalledfald i Danmark 1999. Miljø og Energi ministeriet, Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport nr. 331).

ITALIA (1999). Decreto Ministeriale 25/10/99 no. 471: "Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati, ai sensi dell'articolo 17 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22, e successive modificazioni ed integrazioni". G.U. (Suppl. Ord) n. 218/L del 15/12/99, n. 293.

L. Morselli, L. Barilli, P. Olivieri, M. Cecchini, L. Aromolo, V. Di Carlo, R. Francaviglia, L. Gataleta. (1999). Heavy metals determination in dry surrogate depositions. Characterization

of an urban and a natural site. Annali di Chimica (89): 739-746 pp.

C. Müller, J. Lepschy, A. Süß, A. Wurzinger. (1991). Atmosphärische Stoffdepositionen in agrarische Ökosysteme. Erste Ergebnisse aus dem bayerischen Bodenbeobachtungsprogramm. VDLUFA-Schriftenreihe 32 (Kongressband 1990): 147-152 pp.

M. Privitera e M. Pugliesi. (2005). Comunicazione personale.

Rühling A., 1994. Atmospheric Heavy Metal Deposition in Europe. Nord, 58 pp.

A. Ryaboshapko, I. Ilyin, A. Gusev, O. Afinogenova, T. Berg, A. G. Hjellbrekke. (1999). Monitoring and modelling of lead, cadmium and mercury transboundary transport in the atmosphere of Europe. Joint report of EMEP Centres: MSC-E and CCC, Meteorological Synthesizing Centre-East, Russia, 123 pp. Regolamento CEE n°. 2091/91. (1991).

Sartori, F. (1990). Piano di Settore Boschi del Parco Lombardo della Valle del Ticino. Boll. Uff. Regione Lombardia, N. 35, 2° Suppl. straord., 23 pp.

S. Scherer, O. Kocsis, P. Maly. (1998). Depositionsdatsätze in der Schweiz. Ökoscience Lufthygiene AG, 8031 Zürich.

K. Severin, W. Köster, Y. Matter. (1991). Zufuhr von anorganischen Schadstoffen in Agrarökosysteme mit mineralischen Düngemitteln, Wirtschaftsdüngern, Klärschlämmen und Komposten. VDLUFA-Schriftenreihe 32 (Kongressband 1990): 387-391.

SFT. (1998). Overvaaking av langtransportert forurensset luft og nedboer. Atmosfaerisk tilførsel 1997. Report 736/98. Norwegian State Pollution Control Authorities. Oslo, Norway.

Swedish EPA. (1993). Metallerna och miljön. Swedish Environmental Protection Agency Report 4135.

Unece ICP Vegetation. (2003). Heavy metals in European mosses: 2000/2001 survey. 45 pp.

VMM. (1996). Milieu en Natuurrapport Vlaanderen, Leren om te keren. Garant. Leuven. 585 pp.

H. Zechmeister. (1997). Schwermetalldeposition in Österreich – ertaßt durch Biomonitoring mit Moosen (Aufsammlung 1995).

Umweltbundesamt, Monographie Bd. 94,  
Wien

Aachen. Shaker Verlag GmbH. 67-77, 111-  
112 pp.

H. Zechmeister. (1998) Annual growth of four  
pleurocarpous moss species and their  
applicability for biomonitoring heavy metals.  
*Environ. Monit. Assess.*, 52: 441-451 pp.

W. Zoller, E. S. Gladney, R.A. Duce. (1974).  
Atmospheric concentrations and sources of  
trace metals at the South Pole. *Science*. 183.  
198-200 pp.

F. Zereini. (1997) Zur Analytik der  
Platingruppenelemente (PGE) und ihren  
geochemischen Verteilungsprozessen in  
ausgewählten sedimentsteinen und  
anthropogen beeinflussten  
Umweltkompartimenten Westdeutschlands,

H. J. Westhoek, L. Beijer, W. J. Bruins, P. H. Hotsma, J.  
W. M. Jannssen, E. J. R. Maathuis. (1997).  
Heavy metal balances (loads and losses) in  
Dutch arable soils. Ministry of Agriculture,  
Nature Conservation and Fisheries, IKC-LNV,  
Ede report no. 28.





## **APPENDICE**

### **Schede di campionamento Punti Primari, Secondari e Terziari**



## Tavola 1. Informazioni relative al Punto Principale 1


<p>Punto di campionamento: Valle Lomellina</p> <p>Coordinate geografiche: 32T</p> <p>-Latitudine: 5002211</p> <p>-Longitudine: 476945</p>	<p>Figura a)</p> 
<p>Figura b)</p> 	<p>Figura c)</p> 

Figure: a) Mappa scala 1:10.000; b) Punto di campionamento; c) Veduta generale dell'area

<b>Note</b>		
Utilizzo del suolo:	Riso ovunque	
Descrizione dell'area:	terreno argilloso, vegetazione scarsa; ampia presenza di canali di irrigazione	
Concimazione:	2004:	5,25 q/ha SIAPORTUR (N org, P, potassa, calce) 135 kg/ha urea 135 kg/ha di 23N0P30K;
	2003:	180 kg/ha di corna d'ungheia 3,75 q/ha 0N10-12P24potassa25calce 105 kg/ha urea 220 kg/ha 16N0P30K

## Tavola 2. Informazioni relative al Punto Principale 2

<p>Punto di campionamento: Garlasco</p> <p>Coordinate geografiche: 32T</p> <p>-Latitudine: 5002129</p> <p>-Longitudine: 495000</p>	<p>Figura a)</p> 
<p>Figura b)</p> 	<p>Figura c)</p> 

Figure: a) Mappa scala 1:10.000; b) Punto di campionamento; c) Veduta generale dell'area

### Note

Utilizzo del suolo: Riso anche nell'intorno; in lontananza pioppeti e mais

Descrizione dell'area: Vicino al punto c'è una strada; a circa 50 m c'è una fabbrica chimica che produce films plastici.

Concimazione: 2004 e anni precedenti: 6 q/ha concime organico  
150 kg/ha 30N0P20K

### Tavola 3. Informazioni relative al Punto Principale 3

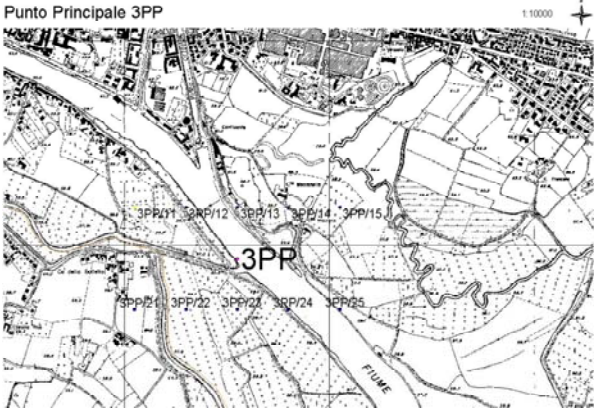


<p>Punto di campionamento: Pavia</p> <p>Coordinate geografiche: 32T</p> <p>-Latitudine: 5002165</p> <p>-Longitudine: 513099</p>	<p>Figura a)</p> 
<p>Figura b)</p> 	<p>Figura c)</p> 

Figure: a) Mappa scala 1:10.000; b) Punto di campionamento; c) Veduta generale dell'area

#### Note

Utilizzo del suolo:	Pioppo certificato
Descrizione dell'area:	Nelle vicinanze del punto scorre il fiume Ticino ; nei pressi (300 m) vi è il muro di recinzione di una abitazione
Concimazione:	Nessuna perché è pioppo certificato



## Tavola 4. Informazioni relative al Punto Principale 4

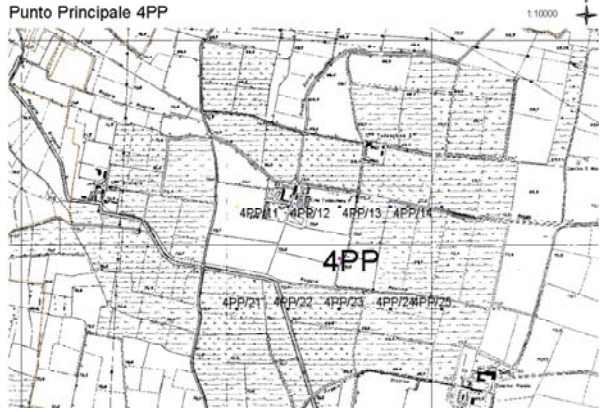


<p>Punto di campionamento: S. Cristina e Bissone</p> <p>Coordinate geografiche: 32T</p> <p>-Latitudine: 5002245</p> <p>-Longitudine: 531051</p>	<p>Figura a)</p>  <p>Punto Principale 4PP</p>
<p>Figura b)</p> 	<p>Figura c)</p> 

Figure: a) Mappa scala 1:10.000; b) Punto di campionamento; c) Veduta generale dell'area

### Note

Utilizzo del suolo:	Mais (alternanza ogni 5 anni mais e loietto)
Descrizione dell'area:	a 50 m è situata l'azienda agricola.
Concimazione: 2004 e anni precedenti:	150 kg/ha 18N46P 300 kg/ha KCl liquami delle mucche

## Tavola 5. Informazioni relative al Punto Principale 5

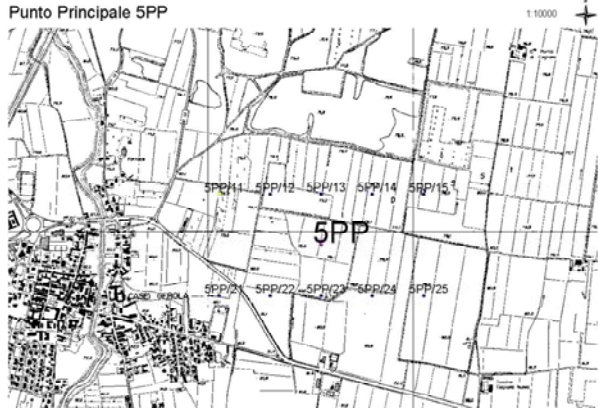


<p>Punto di campionamento: Casei Gerola</p> <p>Coordinate geografiche: 32T</p> <p>-Latitudine: 4984182</p> <p>-Longitudine: 495018</p>	<p>Figura a)</p> 
<p>Figura b)</p> 	<p>Figura c)</p> 

Figure: a) Mappa scala 1:10.000; b) Punto di campionamento; c) Veduta generale dell'area

### Note

Utilizzo del suolo: Erba medica con viti (stessa coltura da dieci anni); nell'intorno: frumento e alberi di noci e ciliegie da legno

Descrizione dell'area: terra mista argilla; piccolo canale di irrigazione al bordo

Concimazione: Nulla da 2 anni ; (K poco sotto alle viti e verde rame sulle viti)

## Tavola 6. Informazioni relative al Punto Principale 6

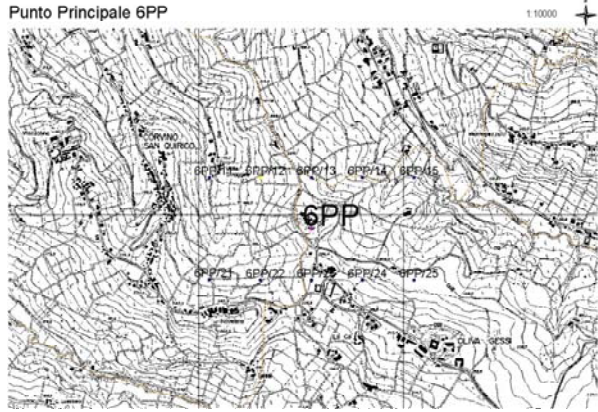


<p>Punto di campionamento: Corvino S. Quirico</p> <p>Coordinate geografiche: 32T</p> <p>-Latitudine: 4984208</p> <p>-Longitudine: 513337</p>	<p>Figura a)</p> 
<p>Figura b)</p> 	<p>Figura c)</p> 

Figure: a) Mappa scala 1:10.000; b) Punto di campionamento; c) Veduta generale dell'area

### Note

Utilizzo del suolo:	Viti ovunque (coltura biologica)
Descrizione dell'area:	colline coltivate a vite; terreno molto fertile
Concimazione: 2004 e anni precedenti:	Concime organico (quasi mai) (Verde rame poco, S in polvere di più, insetticida: piretro)



## Tavola 7. Informazioni relative al Punto Principale 7

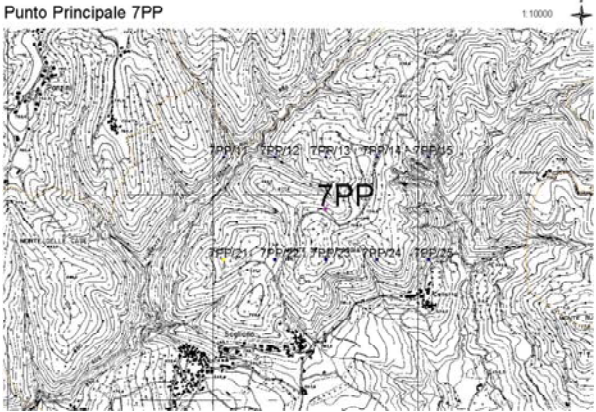


<p>Punto di campionamento: Varzi</p> <p>Coordinate geografiche: 32T</p> <p>-Latitudine: 4965619</p> <p>-Longitudine: 513206</p>	<p>Figura a)</p> 
<p>Figura b)</p> 	<p>Figura c)</p> 

Figure: a) Mappa scala 1:10.000; b) Punto di campionamento; c) Veduta generale dell'area

### Note

Utilizzo del suolo:	Castagni ovunque con un po' di rovere
Descrizione dell'area:	prossimità della sommità della collina; radura con terreno in leggera pendenza
Concimazione:	Nulla



European Commission

**EUR 22132 IT/2 – DG Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability**

Title: IL SUOLO DELLA PROVINCIA DI PAVIA - Valutazione della concentrazione di composti organici ed inorganici persistenti attraverso lo sviluppo di una rete di monitoraggio del suolo (PARTE DUE)

Authors: R.M. Cenci, F. Sena, N. Filippi, G. Lodigiani, G.M. Beone, E. Christoph, G. Mariani, S. Spalla, G. Locoro, H. Skejo

Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities

2007 – 238 pp. – 21 x 29.5 cm

EUR - Scientific and Technical Research series; ISSN 1018-5593

ISBN 92-79-03877-X

**Abstract**

Il presente rapporto integra i dati pubblicati nell'EUR Rapporto numero 22132 del 2006.

Vengono di seguito presentati i risultati analitici relativi ai sedimenti, suoli superficiali e bioindicatori (muschi).

Per quanto riguarda i sedimenti, non si osservano particolari arricchimenti nella concentrazione relativi agli strati più superficiali.

Le concentrazioni ottenute riflettono i valori dei suoli presenti nel bacino imbrifero del fiume Ticino, poiché in gran parte da essi hanno origine.

Per quanto riguarda i valori delle diossine e furani, i valori ottenuti sono modesti e costanti nel tempo, fa eccezione un solo valore riscontrato negli strati profondi per la carota di San Massimo Gropello.

I risultati analitici, relativi ai suoli, sono stati integrati con i valori di concentrazione di Co, Mn e alcuni macroelementi. Le concentrazioni ottenute non si discostano da quanto evidenziato per gli altri elementi dal precedente studio.

Anche per i muschi sono stati analizzati Co e Mn, la distribuzione spaziale della concentrazione è risultata sovrapponibile agli altri elementi già pubblicati nell'EUR Report.

Per le aree a valenza industriale, i valori degli elementi in tracce hanno permesso una visualizzazione grafica che ha confermato una distribuzione spaziale della concentrazione alquanto omogenea.

Le ricadute al suolo di metalli pesanti, sia di origine antropica sia crostale, non rivestono grande importanza nell'innalzare i valori di concentrazione nei suoli.

Tali ricadute, se raffrontate con risultati ottenuti in altre aree, appaiono sovrapponibili a quelle di aree agricole e sono significativamente più ridotte di aree urbanizzate con la presenza di attività industriali e agricole.

Due osservazioni di primaria importanza appaiono doverose e devono essere evidenziate.

La prima riguarda l'importanza del monitoraggio, di come è stato impostato e dei risultati ottenuti; tali aspetti hanno posto delle solide fondamenta per ulteriori sviluppi e indagini che si vorranno effettuare in futuro.

La seconda osservazione riguarda la qualità e la salute del suolo, esse appaiono complessivamente buone ad indicare che nei tempi presenti e passati il territorio è stato ed è in larga parte rispettato e ben gestito.

The mission of the JRC is to provide customer-driven scientific and technical support for the conception, development, implementation and monitoring of EU policies. As a service of the European Commission, the JRC functions as a reference centre of science and technology for the Union. Close to the policy-making process, it serves the common interest of the Member States, while being independent of special interests, whether private or national.

